

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19)世界知的所有権機関  
国際事務局(43)国際公開日  
2005年3月10日 (10.03.2005)

PCT

(10)国際公開番号  
WO 2005/022850 A1

(51)国際特許分類7: H04L 12/56

(21)国際出願番号: PCT/JP2004/012375

(22)国際出願日: 2004年8月27日 (27.08.2004)

(25)国際出願の言語: 日本語

(26)国際公開の言語: 日本語

(30)優先権データ:

特願2003-309040 2003年9月1日 (01.09.2003) JP  
 特願2003-314449 2003年9月5日 (05.09.2003) JP  
 特願2003-314479 2003年9月5日 (05.09.2003) JP

(71)出願人(米国を除く全ての指定国について): 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 Tokyo (JP).

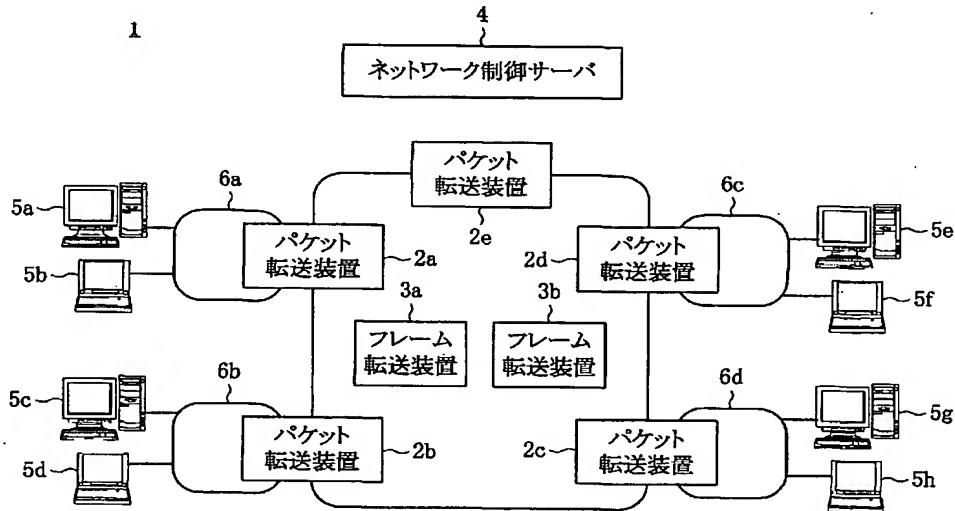
(72)発明者; および

(75)発明者/出願人(米国についてのみ): 松井 健一 (MATSUI, Kenichi) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).  
 八木 毅 (YAGI, Takeshi) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 成瀬 勇一 (NARUSE, Yuichi) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 村山 純一 (MURAYAMA, Junichi) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 金田 昌樹 (KANEDA, Masaki) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

[統葉有]

(54) Title: PACKET COMMUNICATION METHOD

(54)発明の名称: パケット通信方法



4... NETWORK CONTROL SERVER

2a-2e... PACKET TRANSFER DEVICE

3a-3b... FRAME TRANSFER DEVICE

(57) Abstract: When a packet transmission device (2) has counted a predetermined number of lower-node layer address pairs of the lower-node layer frame transferred, it transmits the last lower-node layer address pair to a frame transfer device (3). The frame transfer device (3) counts the transfer frequency of the lower-node layer frame having the lower-node layer address pair.

(57)要約: パケット転送装置2は、転送した下位レイヤフレームが有する下位レイヤアドレス対を所定回数以上カウントすると、その下位レイヤアドレ

[統葉有]

WO 2005/022850 A1



(74) 代理人: 山川 政樹, 外(YAMAKAWA, Masaki et al.);  
〒1000014 東京都千代田区永田町2丁目4番2号 秀和溜池ビル8階 山川国際特許事務所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ヨーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

10/532636

## 明 細 書

## パケット通信方法

## 技術分野

[0001] 本発明は、トラヒック需要に応じて経路を割り当てるトラヒックエンジニアリング技術に関するものである。

## 背景技術

[0002] 一般に、パケット転送ネットワークシステムでは、送信元のパケット転送装置と宛先のパケット転送装置との間を転送するフレームの転送頻度をカウントし、この転送頻度に応じて経路を割り当てるトラヒックエンジニアリング技術により、パケット転送ネットワークのトラヒック収容効率の向上を図っている。従来のトラヒックエンジニアリング技術では、パケット転送装置の転送負荷および経路の管理負荷を削減し、かつ、ネットワークの転送品質を向上させるために、フレーム転送頻度のカウントを全パケット転送装置間を接続するフレーム転送装置で行い、このフレーム転送装置のトラヒック負荷に応じてパケット転送装置間の経路の再割り当てをしていた。この方法は、パケット転送装置がフレーム転送頻度を監視することなく、フレーム転送装置のトラヒック負荷を分散させることを可能とする。ここで、フレーム転送装置には、全てのパケット転送装置間のフレーム転送頻度をカウントするために、全てのパケット転送装置間のアドレスが記録されたテーブルが設けられている。このテーブルのエントリは、オペレータによりプロビジョニング的に設定される(例えば、以下に示す文献1、文献2、文献3、文献4、文献5参照)。

[0003] また、従来、波長パス多重リンクおよび波長パス交換ノードで構成されるフォトニックネットワークのようなコネクション型ネットワーク上に、IPを用いルータがパケットを交換するような論理的コネクションレス型パケット転送ネットワークを構築する技術が知られている。本技術により構成されるネットワークにおいてトラヒックを転送するためには、コネクション型ネットワークのコネクションのルーティングと、コネクションに対するコネクションレス型パケット転送ネットワークのフローの割り当てを行う必要がある。

[0004] そのようなルーティングとフローの割り当てを行う従来の第1の技術として、GMPLS(

Generalized Multi Protocol Label Switching)がある(例えば以下に示す文献6、文献7参照)。GMPLSにおけるルーティングとフローの割り当ては、コネクション型ネットワークのコネクションルーティングを固定的に決定した後に、決定したコネクションに対するコネクションレス型パケット転送ネットワークのフローの割り当てを計算する。

[0005] ルーティングとフローの割り当てを行う従来の第2の技術として、テラビット級スーパー ネットワークがある(例えば文献1、文献2参照)。現在提案されている、テラビット級ス ーパー ネットワークにおけるルーティングとフローの割り当ては、コネクション型ネットワ ークのコネクションルーティングと、コネクションに対するコネクションレス型パケット転送 ネットワークのフローの割り当てを同時に計算する(例えば以下に示す文献4、文献5 、文献8参照)。

[0006] また、従来から、波長パス多重リンクおよび波長パス交換ノードで構成されるフォト ニックネットワークのようなコネクション型ネットワーク上に、IPを用いルータがパケット を交換するような論理的コネクションレス型パケット転送ネットワークを構築する技術 が知られている。本技術により構成されるネットワークにおいてトラヒックを転送するた めには、コネクション型ネットワークのコネクションである波長パスの設定を行う必要が ある。

[0007] そのような従来の技術として、テラビット級スーパー ネットワークがある。テラビット級ス ーパー ネットワークは、テラビット級ス ーパー ネットワーク外部のネットワークとテラビ ット級ス ーパー ネットワークを接続するPE(Provider Edge)ルータ、PE間をIPv6( Internet Protocol Version6)レイヤで接続する電気P(Provider)ルータ、そしてPEル ハタと電気Pルータとを波長レイヤで接続する光P(Provider)ルータで構成される。現 在提案されている、テラビット級ス ーパー ネットワークにおけるコネクション設定は、P Eルーター電気PルーターPEルータ間に、光Pルータを経由する波長パスを設定し、 波長パス上を流れるIPv6パケットを各ルータが転送することで行われる(文献1、文 献2参照)。さらに、トラヒック要求の多いPEルータ間には、電気Pルータを経由しな い波長パスも設定される(文献8参照)。図30は従来のテラビット級ス ーパー ネットワ ークの構成を示すブロック図である。図30において、701はPEルータ、702は電気P ルータ、703は光Pルータ、704はPEルータ701と接続された外部網である。

[0008] なお、上述した文献を以下にまとめて示す。

[文献1] 村山純一, 八木毅, 辻元孝博, 櫻井俊之, 松井健一, 住本順一, 金田昌樹, 松田和浩, 石井啓之, 「テラビット級スーパーネットワーク(TSN)の研究開発」, 社団法人電子情報通信学会, 2003年電子情報通信学会総合大会, B-7-81, 2003年3月

[文献2] ジュンイチ・ムラヤマ (Junichi Murayama), タカヒロ・ツジモト (Takahiro Tsujimoto), ケンイチ・マツイ (Kenichi Matsui), カズヒロ・マツダ (Kazuhiro Matsuda), ヒロシ・イシイ (Hiroshi Ishii), 「トラフィックドリブンオプティカルアイピーネットワーキングアーキテクチャ (Traffic-Driven Optical IP Networking Architecture)」, IEICE Transactions on Communications, Vol. E86-B, NO. 8, p. 2294-2301, 2003年8月

[文献3] 辻本孝博、八木毅、村山純一、松田和浩、石井啓之、「TSNにおける光カットスルー方式の評価」、社団法人電子情報通信学会、2003年電子情報通信学会総合大会、B-7-82(2003年3月)

[文献4] 松井健一, 櫻井俊之, 金田昌樹, 村山純一, 石井啓之, 「テラビット級スーパーネットワークにおけるマルチレイヤトラフィックエンジニアリングの検討」, 社団法人電子情報通信学会, 電子情報通信学会技術報告, NS2002-316, IN2002-289, p. 297-302, 2003年3月

[文献5] マツイ (Matsui), サクライ (Sakurai), カネダ (kaneda), ムラヤマ (Murayama), イシイ (Ishii), 「アマルチレイヤードトラフィックエンジニアリングアーキテクチャフォアザエレクトロニックオプティカルハイブリッドネットワーク (A multi-layered Traffic engineering architecture for the electronic/optical hybrid network)」, Communications, Computers and signal Processing, 2003. PACRIM. 2003 IEEE Pacific Rim Conference on Publication, Vol. 1, p. 293-296, 2003年8月

[文献6] ローゼン (E.Rosen) 他, 「マルチプロトコルラベルスイッチングアーキテクチャ (Multiprotocol Label Switching Architecture)」, RFC3031, インターネットエンジニアリングタスクフォース (Internet Engineering Task Force: IETF), 2001年1月

[文献7] マニー (E.Mannie), 「ジェネライズドマルチプロトコルラベルスイッチング

アーキテクチャ(Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Architecture)」, インターネットエンジニアリングタスクフォース(Internet Engineering Task Force:IETF), インターネットドラフト(Internet Draft), draft-ietf-ccamp-gmpls-architecture-07.txt , 2003年5月

[文献8]松井健一, 櫻井俊之, 金田昌樹, 村山純一, 石井啓之, 「TSNにおけるカットスルー光パス割当方式の設計」, 社団法人電子情報通信学会, 2003年電子情報通信学会総合大会, B-7-84, 2003年3月

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、従来のパケット転送ネットワークシステムでは、全てのパケット転送装置間のカウントを行うため、フレーム転送装置のテーブルに全てのパケット転送装置間のアドレスをエントリしなければならなかった。このエントリの数は計測対象のパケット転送装置の数の2倍必要となるため、ネットワークの規模が拡大すると、フレーム転送装置のテーブルのエントリ数も増大し、フレーム転送装置の経路管理負荷が増大してしまう。このフレーム転送装置の経路管理負荷の増大は、トラヒックエンジニアリングを行う際の処理速度を低下させ、フレーム転送装置に過度の転送負荷をかけることになり、結果としてフレーム転送装置の転送性能を低下させてしまう。

[0010] また、ルーティングとフローの割り当てを行う前記第1の技術は、コネクション型ネットワークのルーティングを固定的に決定した後に、コネクションレス型パケット転送ネットワークのフローの組み合わせを計算するため、帯域が大きく優先度が高いなどの効率的なコネクションレス型パケット転送ネットワークのフローの組み合わせを計算したとしても、そのようなフローの組み合わせを伝送するために必要なコネクションレス型パケット通信端末間のコネクションが、すでに固定的に決定されているコネクション型ネットワークのルーティングに存在しない場合はこのコネクションを設定できないため、効率的なネットワークの利用ができないという問題点があった。

また、ルーティングとフローの割り当てを行う前記第2の技術に対して現在提案されているコネクションのルーティングとフローの割り当て方法は、コネクションレス型パケット転送ネットワークが要求する帯域に応じて、コネクション型ネットワークのコネクション

ルーティングとリソースの効率のよい割当を実現するために、コネクション型ネットワークのルーティングとコネクションレス型パケット転送ネットワークのフローの組み合わせを同時に計算するため、効率的なネットワークリソースの利用ができるという利点がある。しかし、両者を同時に計算する場合、ルーティングとフローの組み合わせ数はネットワーク規模が増大するに従って爆発的に増大し、これに伴って計算時間も爆発的に増大するため、実用的に利用されるネットワーク規模のルーティングを実用的な時間で計算できないという問題点があった。

[0011] また、テラビット級スーパーネットワークにおいては、PEルータと電気Pルータ間を波長パスで接続し、PEルータからネットワーク内の他のすべてのPEルータへ向かうIPv6パケットが電気Pルータに集中するか、あるいは、電気Pルータを経由するIPv6パケットがある電気Pルータに集中することにより、電気Pルータが輻輳し通信品質が劣化する可能性がある。このため、従来の方法では、トラヒック要求の多いPEルータ間を、電気Pルータを経由せずカットスルーして直接光パスで接続する。このような光パスをカットスルー光パスと称する。しかし、ネットワークが大規模化した場合、ネットワーク内に配置されるPEルータ数よりも、1つのPEルータが保持するコネクション接続インターフェース数が非常に少なくなり、トラヒック要求の多いPEルータ間を必ずしもカットスルー光パスで接続できないという問題点があった。

[0012] 本発明は、上述したような問題を解決するためになされたものであり、トラヒックエンジニアリングの効率を向上させることができるパケット通信方法を提供することを目的とする。

また、本発明は、コネクションレス型パケット転送ネットワークの要求する帯域に応じて、コネクション型ネットワークのコネクションルーティングとリソースの効率のよい割当を現実の網で行うために、コネクションレス型パケット転送ネットワークのトラヒック帯域と優先度に基づき、コネクション型ネットワークのルーティングとコネクションレス型パケット転送ネットワークの最適なフローの組み合わせを同時にかつ実用的な短い時間で計算して設定することができるパケット通信方法を提供することを目的とする。

また、本発明は、網内に設定できるカットスルー光パスの本数を増加させるパケット通信方法を提供することを目的とする。

## 課題を解決するための手段

[0013] 本発明は、ネットワークに接続され、カプセル化された上位レイヤパケットを含む下位レイヤフレームを転送する複数のパケット転送装置と、前記ネットワークを介して前記パケット転送装置間の下位レイヤフレームの転送を仲介する少なくとも1つのフレーム転送装置と、前記パケット転送装置および前記フレーム転送装置とに接続され、前記パケット転送装置および前記フレーム転送装置に指示を与えることにより、前記ネットワーク中の下位レイヤフレームの通信経路を制御するネットワーク制御サーバとを用いるパケット通信方法において、前記パケット転送装置は、受信した下位レイヤフレームから下位レイヤの送信元アドレスと宛先アドレスとからなる下位レイヤアドレス対を抽出する抽出手順と、受信した下位レイヤフレームの送出先を対応する前記宛先アドレスごとに第1のテーブルに登録する第1の登録手順と、前記抽出手順で抽出した下位レイヤアドレス対の数量を、下位レイヤアドレス対の種類ごとにカウントする第1のカウンタ手順と、この第1のカウンタ手順により所定時間内に所定のしきい値を超えてカウントされた下位レイヤアドレス対を表す第1の情報を、前記フレーム転送装置に送信する第1の送信手順とを備え、前記フレーム転送装置は、受信した下位レイヤフレームの転送先を、この下位レイヤフレームに含まれる宛先アドレスごとに第2のテーブルに登録する第2の登録手順と、転送した下位レイヤフレームの数量を、前記パケット転送装置から受信した前記第1の情報に含まれる下位レイヤアドレス対の種類ごとにカウントする第2のカウンタ手順と、この第2のカウンタ手順により所定時間内に所定のしきい値を超えてカウントされた下位レイヤアドレス対に関する第2の情報を前記ネットワーク制御サーバに送信する第2の送信手順とを備え、前記ネットワーク制御サーバは、前記第2の情報を受信すると、この第2の情報から前記送信元アドレスおよび前記宛先アドレスを抽出し、前記送信元アドレスと前記宛先アドレスとの間の前記ネットワーク中の通信経路を最適化する計算を行う計算手順と、この計算結果に基づいて、前記第1のテーブルおよび前記第2のテーブルに登録された下位レイヤフレームの送出先を登録変更する変更手順とを備えるようにしたものである。

[0014] また、本発明のパケット通信方法において、前記パケット転送装置は、受信した下位レイヤフレームから下位レイヤの送信元アドレスと宛先アドレスとからなる下位レイ

ヤアドレス対を抽出する抽出手順と、前記抽出手順で抽出した下位レイヤアドレス対の数量を、下位レイヤアドレス対の種類ごとにカウントするカウンタ手順と、このカウンタ手順により所定時間内に所定のしきい値を超えてカウントされた下位レイヤアドレス対を表す第1の情報を、前記フレーム転送装置に送信する送信手順とを備えるようにしたものである。

また、本発明のパケット通信方法において、前記送信手順は、前記フレーム転送装置に前記第1の情報を送信する場合、前記第1の情報に含まれる前記下位レイヤアドレス対の送信元アドレスに対して、前記フレーム情報に含まれる前記宛先アドレスと、この宛先アドレスに対応する上位レイヤの宛先アドレスとに関する情報を送信するようにしたものである。

[0015] また、本発明のパケット通信方法において、前記フレーム転送装置は、転送した下位レイヤフレームの数量を、前記パケット転送装置からカウントするよう指示された下位レイヤアドレス対の種類ごとにカウントするカウンタ手順と、このカウンタ手順により所定時間内に所定のしきい値を超えてカウントされた下位レイヤアドレス対を表す第2の情報を前記ネットワーク制御サーバに送信する送信手順とを備えるようにしたものである。

また、本発明のパケット通信方法において、前記フレーム転送装置は、さらに、所定時間内にカウント値が増加しない任意の下位レイヤアドレス対のエントリを前記カウントから削除するカウント処理手順を備えるようにしたものである。

[0016] また、本発明のパケット通信方法において、前記ネットワーク制御サーバは、前記フレーム転送装置から任意の送信元アドレスおよび宛先アドレスを表す第2の情報を受信すると、前記送信元アドレスと前記宛先アドレスとの間の前記ネットワーク中の通信経路を最適化する計算を行う計算手順と、前記計算結果に基づき、前記送信元アドレスと前記宛先アドレスとの間に含まれる前記パケット転送装置および前記フレーム転送装置に、下位レイヤフレームの送出先の変更する指示をだす変更手順とを備えるようにしたものである。

[0017] また、本発明は、コネクションの多重伝送機能を有する伝送リンクとコネクションの交換機能を有するコネクション交換ノードとを備えたコネクション型ネットワークに対して

、端末機能部として前記フレーム転送装置となるコネクションレス型パケット転送ノードと、前記パケット転送装置となるコネクションレス型パケット通信端末とを附加することにより、前記コネクション型ネットワーク上に論理的に構築されたコネクションレス型パケット転送ネットワークにおいて、このコネクションレス型パケット転送ネットワークのトラヒック帯域およびトラヒック優先度に応じたコネクション配置を行う際に、前記コネクションレス型パケット通信端末において送受信したパケットについて優先度および帯域からなる統計情報を送信元アドレスと宛先アドレスの対で規定されるフロー毎に記録し、記録した統計情報を、前記ネットワーク制御サーバとなるトラヒック制御装置に通知する通知手順と、前記トラヒック制御装置において前記コネクションレス型パケット通信端末から通知された統計情報に基づき、送信元アドレスと宛先アドレスと優先度と帯域の情報を前記フロー毎に登録したフローリストを作成するフローリスト作成手順とを備えるようにしたものである。

また、本発明のパケット通信方法は、前記フローリストを優先度が高い順にソートし、かつ同一優先度のフローについては帯域が広い順にソートするフローリストソート手順と、前記ソートされたフローリストに登録されているフローに対してこのフローの送信元コネクションレス型パケット通信端末と宛先コネクションレス型パケット通信端末との間にコネクションを設定すると仮定してコネクションの候補を割り当てるなどを、前記フローリストの最上位から順に全てのフローについて行い、コネクション候補リストを作成するコネクション候補リスト作成手順とを備えるようにしたものである。

[0018] また、本発明のパケット通信方法において、前記コネクション候補リスト作成手順は、送信元コネクションレス型パケット通信端末が同一で、かつ宛先コネクションレス型パケット通信端末も同一の同一優先度の1つ以上のフローをその帯域の合計値がコネクション候補の容量を超えない範囲で同一のコネクション候補に割り当て、割り当てたフローの優先度と帯域の合計値に基づきコネクション候補の優先度と帯域とを決定して前記コネクション候補リストを作成するようにしたものである。

また、本発明のパケット通信方法は、前記コネクション候補リストを優先度が高い順にソートし、かつ同一優先度のコネクション候補については帯域が広い順にソートするコネクション候補リストソート手順と、前記ソートされたコネクション候補リストに含まれ

るコネクション候補について前記コネクションレス型パケット通信端末のコネクション接続インターフェースの予約を行うことを、前記ソートされたコネクション候補リストの最上位から順に全てのコネクション候補について行う予約手順とを備えるようにしたものである。

[0019] また、本発明のパケット通信方法は、設定すべきコネクションを登録したコネクション解リストから設定の必要がなくなったコネクションを前記コネクション候補リストソート手順によってソートされたコネクション候補リストに基づいて選択する選択手順と、前記ソートされたコネクション候補リストのうち前記予約が可能なコネクション候補を処理対象のコネクション候補とし、この処理対象のコネクション候補と前記選択したコネクションの優先度および帯域を比較する比較手順と、前記選択したコネクションよりも前記処理対象のコネクション候補の方が優先度および帯域が大きい場合、前記処理対象のコネクション候補を前記コネクション候補リストから除いて前記コネクション解リストに加え、前記選択したコネクションを前記コネクション解リストから除いて前記コネクション候補リストに加えるコネクション解リスト作成更新手順と、前記選択したコネクションよりも前記処理対象のコネクション候補の方が優先度および帯域が小さいかあるいは同じである場合、前記処理対象のコネクション候補をタブーコネクションリストに登録するタブーコネクションリスト登録手順とを備え、前記比較手順は、前記予約が可能なコネクション候補のうち前記タブーコネクションリストに登録されていない最上位のコネクション候補を前記処理対象のコネクション候補とするようにしたものである。

また、本発明のパケット通信方法は、設定すべきコネクションを登録したコネクション解リストから設定の必要がなくなったコネクションを前記コネクション候補リストソート手順によってソートされたコネクション候補リストに基づいて選択する選択手順と、前記ソートされたコネクション候補リストのうち前記予約が可能なコネクション候補を処理対象のコネクション候補とし、この処理対象のコネクション候補と前記選択したコネクションの優先度および帯域を比較する比較手順と、前記選択したコネクションよりも前記処理対象のコネクション候補の方が優先度および帯域が大きい場合、前記処理対象のコネクション候補を前記コネクション候補リストから除いて前記コネクション解リストに加え、前記選択したコネクションを前記コネクション解リストから除いて前記コネクション

ン候補リストに加えるコネクション解リスト作成更新手順と、前記処理対象のコネクション候補を前記比較手順の現在までの実行回数と共にタブーコネクションリストに記録するタブーコネクションリスト登録手順と、前記比較手順の現在までの実行回数よりも所定数以上少ない実行回数と共に記録されているコネクション候補を前記タブーコネクションリストから削除するタブーコネクションリスト削除手順とを備え、前記比較手順は、前記予約が可能なコネクション候補のうち前記タブーコネクションリストに登録されていない最上位のコネクション候補を前記処理対象のコネクション候補とするようにしたものである。

[0020] また、本発明のパケット通信方法は、前記コネクション解リストの最上位のコネクションを送信元のコネクションレス型パケット通信端末と宛先のコネクションレス型パケット通信端末との間に設定する場合の経路を計算する経路計算手順と、この計算した経路上にある伝送リンクにおいて前記最上位のコネクションを伝送する際に必要となる伝送リソースを確保できる場合、前記最上位のコネクションを設定するように前記コネクション交換ノードの交換機能を制御すると共に、前記最上位のコネクションに割り当てられたフローがこのコネクションを使って送信されるようにフローの送信元のコネクションレス型パケット通信端末の送信機能を制御し、前記最上位のコネクションを前記コネクション解リストから除くコネクション設定手順と、前記伝送リソースを確保できない場合、前記最上位のコネクションを前記コネクション解リストから除いて前記コネクション候補リストに加えるコネクション解リスト削除手順とを備えるようにしたものである。

また、本発明のパケット通信方法は、前記コネクション解リストが空の場合、前記コネクション候補リストに登録されたコネクション候補の何れについても前記コネクション接続インターフェースの予約ができない場合、または前記コネクション解リストに登録されたコネクションの何れについても前記伝送リソースを確保できない場合、前記フローリストソート手順と前記コネクション候補リスト作成手順と前記コネクション候補リストソート手順と前記予約手順と前記選択手順と前記比較手順と前記コネクション解リスト作成更新手順と前記タブーコネクションリスト登録手順と前記経路計算手順と前記コネクション設定手順と前記コネクション解リスト削除手順の一連の手順、または前記フロ

ーリストソート手順と前記コネクション候補リスト作成手順と前記コネクション候補リストソート手順と前記予約手順と前記選択手順と前記比較手順と前記コネクション解リスト作成更新手順と前記タブーコネクションリスト登録手順と前記タブーコネクションリスト削除手順と前記経路計算手順と前記コネクション設定手順と前記コネクション解リスト削除手順の一連の手順を終了するようにしたものである。

[0021] また、本発明のパケット通信方法は、前記トラヒック制御装置から前記コネクションレス型パケット通信端末に対して前記統計情報の通知間隔を設定する通知間隔設定手順を備え、前記通知手順は、受信したパケットについて前記フロー毎の統計情報を前記設定された通知間隔毎に記録して前記トラヒック制御装置に通知し、前記フローリスト作成手順は、前記コネクションレス型パケット通信端末から通知された統計情報に基づいて前記フローリストを更新するようにしたものである。

また、本発明のパケット通信方法は、前記トラヒック制御装置から前記コネクションレス型パケット通信端末に対して前記フロー毎に帯域のしきい値を設定するしきい値設定手順を備え、前記通知手順は、受信したパケットについて前記フロー毎の統計情報を記録し、記録したフローの帯域が前記設定されたしきい値を超えた場合はこのしきい値を超えたフローの統計情報を前記トラヒック制御装置に通知し、前記フローリスト作成手順は、前記コネクションレス型パケット通信端末から通知された統計情報に基づいて前記フローリストを更新するようにしたものである。

[0022] また、本発明のパケット通信方法は、コネクションの多重伝送機能を有する伝送リンクとコネクションの交換機能を有するコネクション交換ノードとを備えたコネクション型ネットワークに対して、端末機能部として前記フレーム転送装置となるコネクションレス型パケット転送ノードと、前記パケット転送装置となるコネクションレス型パケット通信端末とを付加することにより、前記コネクション型ネットワーク上に論理的に構築されたコネクションレス型パケット転送ネットワークにおいて、前記コネクションレス型パケット通信端末間で通信を行う際に、コネクションレス型パケット転送ノードとパケットを受信する宛先コネクションレス型パケット通信端末との間に配置されたコネクション交換ノードの数が最小となるコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの設定対象として選択する転送ノード選択手順と、前記ネットワーク制御サーバとなる制御装

置から前記コネクション交換ノードを制御して、パケットを送信する送信元コネクションレス型パケット通信端末と前記設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間に第1のコネクションを設定する第1のコネクション設定手順と、前記制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記宛先コネクションレス型パケット通信端末との間に第2のコネクションを設定する第2のコネクション設定手順とを備えるようにしたものである。

また、本発明のパケット通信方法は、前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第1のコネクションを使って送信されるように、前記制御装置から前記送信元コネクションレス型パケット通信端末を制御する送信設定手順と、前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第2のコネクションへ転送されるように、前記制御装置から前記設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードを制御する転送設定手順とを備えるようにしたものである。

[0023] また、本発明のパケット通信方法は、コネクションレス型パケット転送ノードとパケットを送信する送信元コネクションレス型パケット通信端末との間に配置されたコネクション交換ノードの数が最小となるコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第1の設定対象として選択する第1の転送ノード選択手順と、コネクションレス型パケット転送ノードとパケットを受信する宛先コネクションレス型パケット通信端末との間に配置されたコネクション交換ノードの数が最小となるコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第2の設定対象として選択する第2の転送ノード選択手順と、前記ネットワーク制御サーバとなる制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記第1の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記第2の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間に第1のコネクションを設定する第1のコネクション設定手順と、前記制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記送信元コネクションレス型パケット通信端末と前記第1の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間に第2のコネクションを設定する第2のコネクション設定手順と、前記制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記第2の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記宛先コネクションレス型パケット

通信端末との間に第3のコネクションを設定する第3のコネクション設定手順とを備えるようにしたものである。

また、本発明のパケット通信方法は、前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第2のコネクションを使って送信されるように、前記制御装置から前記送信元コネクションレス型パケット通信端末を制御する送信設定手順と、前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第1のコネクションへ転送されるように、前記制御装置から前記第1の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードを制御する第1の転送設定手順と、前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第3のコネクションへ転送されるように、前記制御装置から前記第2の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードを制御する第2の転送設定手順とを備えるようにしたものである。

[0024] また、本発明のパケット通信方法は、パケットを送信する送信元コネクションレス型パケット通信端末が所属する第1のエリアのコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第1の設定対象として選択する第1の転送ノード選択手順と、パケットを受信する宛先コネクションレス型パケット通信端末が所属する第2のエリアのコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第2の設定対象として選択する第2の転送ノード選択手順と、コネクションレス型パケット転送ノードと前記送信元コネクションレス型パケット通信端末との間に配置されたコネクション交換ノードの数が最小となるコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第3の設定対象として選択する第3の転送ノード選択手順と、コネクションレス型パケット転送ノードと前記宛先コネクションレス型パケット通信端末との間に配置されたコネクション交換ノードの数が最小となるコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第4の設定対象として選択する第4の転送ノード選択手順と、前記ネットワーク制御サーバとなる制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記第1の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記第2の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間に第1のコネクションを設定する第1のコネクション設定手順と、前記制御装置から

前記コネクション交換ノードを制御して、前記送信元コネクションレス型パケット通信端末と前記第3の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間に第2のコネクションを設定する第2のコネクション設定手順と、前記制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記第3の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記第1の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間に第3のコネクションを設定する第3のコネクション設定手順と、前記制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記第4の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記宛先コネクションレス型パケット通信端末との間に第4のコネクションを設定する第4のコネクション設定手順と、前記制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記第2の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記第4の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間に第5のコネクションを設定する第5のコネクション設定手順とを備えるようにしたものである。

また、本発明のパケット通信方法は、前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第2のコネクションを使って送信されるように、前記制御装置から前記送信元コネクションレス型パケット通信端末を制御する送信設定手順と、前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第3のコネクションへ転送されるように、前記制御装置から前記第3の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードを制御する第1の転送設定手順と、前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第1のコネクションへ転送されるように、前記制御装置から前記第1の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードを制御する第2の転送設定手順と、前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第5のコネクションへ転送されるように、前記制御装置から前記第2の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードを制御する第3の転送設定手順と、前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第4のコネクションへ転送されるように、前記制御装置から前記第4の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードを制御

する第4の転送設定手順とを備えるようにしたものである。

[0025] また、本発明のパケット通信方法は、前記第1のエリア内に存在する前記第3の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記第1の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間をこの第1のエリア内に存在する複数のコネクションレス型パケット転送ノードとコネクションを経由して接続し、前記第2のエリア内に存在する前記第4の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記第2の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間をこの第2のエリア内に存在する複数のコネクションレス型パケット転送ノードとコネクションを経由して接続するようにしたものである。

また、本発明のパケット通信方法は、前記コネクションレス型パケット転送ノードにおいて送受信したパケットについて送信元アドレスと宛先アドレスの対で規定されるフロー毎にフローの帯域を統計情報として記録し、記録した統計情報を前記制御装置に通知する通知手順と、前記制御装置において前記コネクションレス型パケット転送ノードから通知された統計情報に基づき、送信元アドレスと宛先アドレスと帯域の情報を前記フロー毎に登録したフローリストを作成するフローリスト作成手順とを備え、前記コネクションを設定する際に、通過するフローの帯域の合計値が所定のしきい値を超過しているコネクションレス型パケット転送ノードを前記フローリストにより検出した場合は、このコネクションレス型パケット転送ノードを経由しないコネクションを設定するようにしたものである。

## 発明の効果

[0026] 本発明によれば、パケット転送装置において所定回数以上カウントされた下位レイヤアドレス対を有する下位レイヤフレームについて、フレーム転送装置で転送頻度をカウントするようにしたので、モニタリングする下位レイヤアドレス対の数量を必要最低限に抑制でき、結果としてトラヒックエンジニアリングの効率を向上させることが可能となる。

[0027] また、本発明によれば、コネクションレス型パケット転送ネットワーク内のそれぞれのコネクションレス型パケット通信端末がフローの統計情報を記録しトラヒック制御装置へ通知し、トラヒック制御装置が通知された情報を解析、統合してフローリストを作成

することで、効率よくコネクションレス型パケット転送ネットワーク全体のフローの状態を把握することができる。その結果、コネクション型ネットワーク上に、論理的なコネクションレス型パケット転送ネットワークを構築した場合に、コネクションレス型パケット転送ネットワークの要求する帯域を効率よく収容できるような、コネクション型ネットワークにおける効率的なコネクションルーティングの計算と設定とを、実用的な短い時間で行うトラヒックエンジニアリングが可能となる。したがって、現実的な規模におけるコネクションレス型パケット転送ネットワークの転送容量を経済的に拡大することができる。

- [0028] また、フローリストをまず優先度順にソートし、次に優先度毎に帯域順にソートして、リストの最上位から順にコネクション候補を割り当ててコネクション候補リストを作成するため、優先度と帯域という2つの値が最大になるようなフローのコネクションへの割当を行うことができる。
- [0029] また、送信元コネクションレス型パケット通信端末が同一で、かつ宛先コネクションレス型パケット通信端末も同一の同一優先度の1つ以上のフローをその帯域の合計値がコネクション候補の容量を超えない範囲で同一のコネクション候補に割り当てるようにしたので、コネクション型ネットワークのルーティングとコネクションレス型パケット転送ネットワークの組み合わせ数を減らすことができる。
- [0030] また、コネクション候補リストをまず優先度順にソートし、次に優先度毎に帯域順にソートして、コネクションレス型パケット通信端末のコネクション接続インターフェースの予約をコネクション候補リストの最上位から順に全てのコネクション候補について行うため、予約ができた最上位のコネクション候補を設定すべきコネクション解と見なすことができ、優先度と帯域という2つの値が最大になるようなコネクション解の決定を行うことができる。
- [0031] また、設定すべきコネクションを登録したコネクション解リストから設定の必要がなくなったコネクションを選択し、コネクション候補リストのうち予約が可能なコネクション候補を処理対象のコネクション候補とし、この処理対象のコネクション候補と選択したコネクションの優先度および帯域を比較し、選択したコネクションよりも処理対象のコネクション候補の方が優先度および帯域が大きい場合、処理対象のコネクション候補をコネクション候補リストから除いてコネクション解リストに加え、選択したコネクションをコ

ネクション解リストから除いて前記コネクション候補リストに加えるようにしたので、多数あるコネクション解の組み合わせを変更しつつ繰り返し評価して最も効果的なコネクション解を見つけることができる。さらに、その評価においては、コネクションのルーティングを同時に評価しないため、従来の第2の技術と比べて、コネクション型ネットワークのルーティングとコネクションレス型パケット転送ネットワークのフローの組み合わせ数が削減でき、計算量を削減することができる。また、タブーコネクションリストを用いることで、一度評価したコネクション候補を続けて評価しないようにすることができるので、優先度と帯域とが向上しないコネクション候補の評価を避けることができ、少ない計算量で最適なコネクション解へ到達する確率を高めることができ、計算量を削減することができる。すなわち、最適なコネクションの組み合わせの計算と計算量の削減を両立できる。

[0032] また、処理対象のコネクション候補を比較手順の現在までの実行回数と共にタブーコネクションリストに記録し、比較手順の現在のまでの実行回数よりも所定数以上少ない実行回数と共に記録されているコネクション候補をタブーコネクションリストから削除するようにしたことにより、タブーコネクションリストに記録されてから時間が経過しているコネクション候補をタブーコネクションリストから削除して、再び処理対象のコネクション候補とすることができます。また、比較手順の現在のまでの実行回数よりも所定数以上少ない実行回数と共に記録されているコネクション候補をタブーコネクションリストから削除するので、タブーコネクションリストの容量の増大を抑制することができる。

[0033] また、コネクション解リストの最上位のコネクションを送信元のコネクションレス型パケット通信端末と宛先のコネクションレス型パケット通信端末との間に設定する場合の経路を計算する経路計算手順と、この計算した経路上にある伝送リンクにおいて最上位のコネクションを伝送する際に必要となる伝送リソースを確保できる場合、最上位のコネクションを設定するようにコネクション交換ノードの交換機能を制御すると共に、最上位のコネクションに割り当てられたフローがこのコネクションを使って送信されるようにフローの送信元のコネクションレス型パケット通信端末の送信機能を制御し、最上位のコネクションをコネクション解リストから除くコネクション設定手順と、伝送リソースを確保できない場合、最上位のコネクションをコネクション解リストから除いて前

記コネクション候補リストに加えるコネクション解リスト削除手順とを備えることにより、最適なコネクションの組み合わせのうち、最も優先すべきコネクションのみに対してルーティングを計算してコネクションを設定し、残りのコネクションについては解と決定せず、ふたたび最適な組み合わせを計算するように、部分的にルーティングを決定していくため、従来の第1の技術のように全てのルーティングを1度に決定するゆえに最適なフローの割当を伝送できるコネクションを設定できず効率的なネットワークの利用ができないという問題を回避することができる。

[0034] また、トラヒック制御装置からコネクションレス型パケット通信端末に対して統計情報の通知間隔を設定することにより、通知間隔を適切に制御することで、トラヒック制御装置とコネクションレス型パケット通信端末の負荷を抑えつつ、ゆるやかなトラヒック帯域の変動に追随し、ネットワークの利用効率を最適に保つことができる。

[0035] また、トラヒック制御装置からコネクションレス型パケット通信端末に対してフロー毎に帯域のしきい値を設定することにより、急激なトラヒック変動時は、通知間隔によらず、即座に統計情報を通知することで、急激なトラヒック帯域の変動に追随し、ネットワークの利用効率を最適に保つことができる。

[0036] また、本発明によれば、宛先コネクションレス型パケット通信端末との間に配置されたコネクション交換ノードの数が最小となるコネクションレス型パケット転送ノード(宛先コネクションレス型パケット通信端末の直近のコネクションレス型パケット転送ノード)をコネクションの設定対象として選択するため、カットスルーパスが利用可能なコネクション接続インターフェースの数を増加させることができる。その結果、カットスルーパスの数を増加させることができ、カットスルーパスを設定しなければパケットが経由したであろうコネクションレス型パケット転送ノードの輻輳を回避することができる。本発明では、コネクションレス型パケット転送ネットワークのコネクションレス型パケット通信端末数が増加したにも関わらず、コネクションレス型パケット通信端末に実装されたコネクション接続インターフェースの数が少ないような場合でも、コネクションレス型パケット転送ノードが輻輳しないように設定するカットスルーパスの数を増加させることができ、コネクションレス型パケット転送ノードの輻輳を回避することが可能となる。したがって、大規模なコネクションレス型パケット転送ネットワークの通信品質を経済的に向

上させ、転送容量を経済的に拡大することができる。

[0037] また、送信元コネクションレス型パケット通信端末との間に配置されたコネクション交換ノードの数が最小となるコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第1の設定対象として選択し、宛先コネクションレス型パケット通信端末との間に配置されたコネクション交換ノードの数が最小となるコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第2の設定対象として選択するようにしたので、コネクションレス型パケット通信端末の台数が増えネットワーク規模が大きくなったものの、コネクションレス型パケット通信端末が持つコネクション接続インターフェースの数は増えていないようなネットワークに本発明を適用することができる。つまり、送信元コネクションレス型パケット通信端末の直近のコネクションレス型パケット転送ノードと宛先コネクションレス型パケット通信端末の直近のコネクションレス型パケット転送ノードとを、他のコネクションレス型パケット転送ノードを経由せずに設定されるカットスルーパスの両端とするため、カットスルーパスが利用可能なコネクション接続インターフェースの数を増加させることができる。その結果、カットスルーパスの数を増加させることができ、カットスルーパスを設定しなければパケットが経由したであろうコネクションレス型パケット転送ノードの輻輳を回避することができる。

[0038] また、送信元コネクションレス型パケット通信端末が所属する第1のエリアのコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第1の設定対象とし、宛先コネクションレス型パケット通信端末が所属する第2のエリアのコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第2の設定対象とし、送信元コネクションレス型パケット通信端末との間に配置されたコネクション交換ノードの数が最小となるコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第3の設定対象とし、宛先コネクションレス型パケット通信端末との間に配置されたコネクション交換ノードの数が最小となるコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第4の設定対象とするようにしたので、コネクションレス型パケット通信端末の台数がさらに増えネットワーク規模がより大きくなったものの、コネクションレス型パケット通信端末が持つコネクション接続インターフェースの数は増えていないようなネットワークに本発明を適用することができる。つまり、ネットワークをコネクションレス型パケット通信端末とコネクションレス型パケット転送ノードとからなる

エリアに論理的に分割し、エリア内でルーティングをした後に、各エリアのコネクションレス型パケット転送ノード間にカットスルーパスを設定するため、エリア間に複数のカットスルーパスを設定でき、カットスルーパスが利用可能なコネクション接続インターフェースの数をさらに増加させることができる。その結果、カットスルーパスの数を増加させることができ、カットスルーパスを設定しなければパケットが経由したであろうコネクションレス型パケット転送ノードの輻輳を回避することができる。

[0039] また、コネクションレス型パケット転送ノードにおいて送受信したパケットについて送信元アドレスと宛先アドレスの対で規定されるフロー毎にフローの帯域を統計情報として記録し、記録した統計情報を制御装置に通知し、制御装置においてコネクションレス型パケット転送ノードから通知された統計情報に基づき、送信元アドレスと宛先アドレスと帯域の情報をフロー毎に登録したフローリストを作成し、コネクションを設定する際に、通過するフローの帯域の合計値が所定のしきい値を超過しているコネクションレス型パケット転送ノードをフローリストにより検出した場合は、このコネクションレス型パケット転送ノードを経由しないコネクションを設定するようにしたので、トラヒック状況に応じて積極的に輻輳を回避するようにコネクションを設定することが可能となる。その結果、コネクションレス型パケット転送ノードの輻輳を回避する効果をより高めることができる。

### 図面の簡単な説明

[0040] [図1]図1は、本発明の第1実施例にかかるパケット通信ネットワークシステムの構成を示す図である。

[図2]図2は、本発明の第1実施例にかかるパケット転送装置の構成を示すブロック図である。

[図3]図3は、本発明の第1実施例にかかるフレーム転送装置の構成を示すブロック図である。

[図4]図4は、本発明の第1実施例にかかるネットワーク制御サーバの構成を示すブロック図である。

[図5]図5は、本発明の第1実施例にかかるパケット通信ネットワークシステムの具体例を示す図である。

[図6]図6は、本発明の第1実施例のフォワーディングテーブル23aの具体例を示す図である。

[図7]図7は、本発明の第1実施例の通過パケット数カウント処理部28aが有するテーブルの具体例を示す図である。

[図8]図8は、本発明の第1実施例にかかるモニタリングテーブル34aの具体例を示す図である。

[図9]図9は、本発明の第2実施例となるネットワークモデルのパケット転送路に係る構成を示すブロック図である。

[図10]図10は、本発明の第2実施例となるネットワークモデルのトラヒック制御に係る構成を示すブロック図である。

[図11]図11は、本発明の第2実施例におけるトラヒック制御装置の構成を示すブロック図である。

[図12]図12は、本発明の第2実施例におけるトラヒック制御方法を示すフローチャートである。

[図13]図13は、本発明の第2実施例におけるIPv6フロー統計情報リストの1例を示す図である。

[図14]図14は、本発明の第2実施例においてIPv6フロー統計情報リストのソートを説明するための図である。

[図15]図15は、本発明の第2実施例においてIPv6フローの波長パスへの割り当てを説明するための図である。

[図16]図16は、本発明の第2実施例において波長パス候補リストのソートを説明するための図である。

[図17]図17は、本発明の第2実施例において波長パスの設定状況を説明するための図である。

[図18]図18は、本発明の第2実施例のトラヒック制御方法によりネットワークモデルに波長パスを設定した様子を示す図である。

[図19]図19は、本発明の第3実施例におけるトラヒック制御方法を示すフローチャートである。

[図20]図20は、本発明の第6実施例となるネットワークモデルのパケット転送路に係る構成を示すブロック図である。

[図21]図21は、図20のネットワークモデルにおいて設定されたコアノードへのデフォルト波長パスを示す図である。

[図22]図22は、本発明の第6実施例となるネットワークモデルのコネクション設定に係る構成を示すブロック図である。

[図23]図23は、本発明の第6実施例におけるトラヒック制御装置の構成を示すブロック図である。

[図24]図24は、図20のネットワークモデルにおいてカットスルー光パスを設定しない例を示す図である。

[図25]図25は、図20のネットワークモデルにおいて従来の技術でカットスルー光パスを設定した例を示す図である。

[図26]図26は、図20のネットワークモデルにおいて本発明の実施の形態の技術でカットスルー光パスを設定した例を示す図である。

[図27]図27は、本発明の第7実施例におけるコネクション設定の様子を示す図である。

[図28]図28は、本発明の第8実施例におけるコネクション設定の様子を示す図である。

[図29]図29は、本発明の第9実施例におけるコネクション設定の様子を示す図である。

[図30]図30は、従来のテラビット級スーパーネットワークの構成を示すブロック図である。

### 発明を実施するための最良の形態

#### [0041] [第1実施例]

以下、図面を参照して本発明の実施例について詳細に説明する。図1は、本発明の第1実施例にかかるパケット転送ネットワークシステムの構成を示す図である。

パケット転送ネットワークシステム1は、下位レイヤフレームにカプセル化された上位レイヤパケットを転送するパケット転送装置2a～2eと、パケット転送装置2間の下位レ

イヤフレームの転送を仲介するフレーム転送装置3a, 3bと、これらのパケット転送装置2およびフレーム転送装置3を制御するネットワーク制御サーバ4とから構成され、ユーザインターフェースとなる各端末5a～5hは、各ユーザ網6a～6dを介してパケット転送装置2a～2dに収容されている。ここで、各パケット転送装置2a～2e間は、パケット転送装置2eを経由して接続される場合も、フレーム転送装置3a、3b経由で直接接続される場合もある。

[0042] 図2は、本実施例にかかるパケット転送装置の構成を示すブロック図である。パケット転送装置2は、受信フレーム処理部21と、パケット処理部22と、フォワーディングテーブル処理部23と、送信フレーム処理部24と、送信元フレームアドレス抽出部25と、フレーム送信宛先変更処理部26と、アドレス解決情報抽出部27と、フレーム送信宛先変更通知部28と、モニタリングテーブルエントリ情報通知部29とを有する。

[0043] 受信フレーム処理部21は、受信した下位レイヤフレームから上位レイヤパケットを抽出し、パケット処理部22に送出する。また、受信フレーム処理部21は、受信した下位レイヤフレームがSNMP(Simple Network Management Protocol)設定要求およびSNMP参照要求であった場合、その下位レイヤフレームをフォワーディングテーブル処理部23に送出する。

[0044] パケット処理部22は、受信フレーム処理部21が抽出した上位レイヤパケットから宛先アドレスを抽出し、フォワーディングテーブル処理部23に送出する。  
また、パケット処理部22は、受信フレーム処理部21が抽出した上位レイヤパケットを送信フレーム処理部24に送出する。

[0045] フォワーディングテーブル処理部23は、例えば図6に示すようなフォワーディングテーブル23aを有する。このフォワーディングテーブル23aには、上位レイヤパケットが有する上位レイヤ宛先アドレスと、この上位レイヤ宛先アドレスに対応する下位レイヤ宛先アドレスおよび出力リンクが登録されている。  
フォワーディングテーブル処理部23は、上述したようなフォワーディングテーブル23aを参照して、パケット処理部22が抽出した上位レイヤ宛先アドレスに対応する下位レイヤ宛先アドレスおよび出力リンクを検出する。

また、フォワーディングテーブル処理部23は、ネットワーク制御サーバ4から受信フレーム処理部21がSNMP参照要求を受信すると、フォワーディングテーブル23aの情報を記述したSNMP参照応答を、SNMP参照要求の送信元のネットワーク制御サーバ4宛に生成し、送信フレーム処理部24に送出する。

また、フォワーディングテーブル処理部23は、SNMP設定要求を受信すると、SNMP設定要求の情報に従ってフォワーディングテーブル23aを書き換え、そのSNMP設定要求の送信元のネットワーク制御サーバ4宛に生成したSNMP設定応答を、送信フレーム処理部24に送出する。

[0046] 送信フレーム処理部24は、受信フレーム処理部21が抽出した上位レイヤパケットを、送信元アドレスを受信フレーム処理部21で受信した際の下位レイヤフレームの送信元アドレス、宛先アドレスをフォワーディングテーブル処理部23で検出した下位レイヤ宛先アドレスとした下位レイヤフレームに再カプセル化し、その下位レイヤ宛先アドレスに対応するリンクに出力する。

また、送信フレーム処理部24は、フォワーディングテーブル処理部23が生成したSNMP参照応答およびSNMP設定応答を、これらの宛先となるネットワーク制御サーバ4へ送出する。

[0047] 送信元フレームアドレス抽出部25は、受信フレーム処理部21が受信した下位レイヤフレームから、このフレームの下位レイヤ送信元アドレスを抽出し、フレーム送信宛先変更通知部28へ送出する。

なお、抽出した下位レイヤ送信元アドレスがユーザ網6のアドレスの場合、送信元フレームアドレス抽出部25は、そのフレームのヘッダに関する情報を廃棄し、フレーム送信宛先変更通知部28にその抽出した下位レイヤ送信元アドレスを送出しない。

[0048] フレーム送信宛先変更処理部26は、他のパケット転送装置2のフレーム送信宛先変更通知部28から後述する変更通知を受信すると、フォワーディングテーブル23aに既に登録されているその通知により示された上位レイヤ宛先アドレスに対応する下位レイヤ宛先アドレスを、その通知により示された下位レイヤ宛先アドレスに登録変更する。

[0049] アドレス解決情報抽出部27は、フォワーディングテーブル処理部23により検出され

た下位レイヤ宛先アドレスを、フレーム送信宛先変更通知部28へ送出する。

なお、検出された下位レイヤ宛先アドレスがユーザ網6のアドレスの場合、アドレス解決情報抽出部27は、その下位レイヤ宛先アドレスをフレーム送信宛先変更通知部28に送出しない。

[0050] フレーム送信宛先変更通知部28は、例えば図7に示すようなテーブルを有する通過パケット数カウント処理部28aを備える。

この通過パケット数カウント処理部28aは、送信元フレームアドレス抽出部25から受信する下位レイヤ送信元アドレスと、アドレス解決情報抽出部27から受信する下位レイヤ宛先アドレスとの対(下位レイヤアドレス対)を受信した回数を測定する。ここで、対となる下位レイヤ送信元アドレスと下位レイヤ宛先アドレスとは、受信フレーム処理部21が受信した同一の下位レイヤフレームから抽出された下位レイヤ送信元アドレスと下位レイヤ宛先アドレスとのことを意味する。

通過パケットカウント部28aが有するテーブルには、図7によく示されるように、下位レイヤアドレス対に対応する通過パケット数カウンタおよびタイマが備えられている。該当する下位レイヤアドレス対を有する下位レイヤフレームの転送が確認されるごとにカウントは1単位加算され、初期値が例えば60秒のタイマが0となつた際にカウンタが0にリセットされる。カウンタがリセットされた場合、タイマは初期値にリセットされる。

[0051] このような通過パケット数カウント処理部28aを有するフレーム送信宛先変更通知部28は、通過パケット数カウント処理部28aにおいて予め設定したしきい値以上カウントされた下位レイヤアドレス対をモニタリングテーブルエントリ情報通知部29に通知し、当該下位レイヤアドレス対に対応する上位レイヤ宛先アドレスと下位レイヤ宛先アドレスとを、当該下位レイヤアドレス対の下位レイヤ送信元アドレスに宛てて送信フレーム処理部24から送信する(フレーム送信宛先変更通知フレーム)。

なお、送信元フレームアドレス抽出部25からの下位レイヤ送信元アドレスまたはアドレス解決情報抽出部27からの下位レイヤ宛先アドレスのいずれか一方のみを受信した場合、送信元フレームアドレス抽出部25は、受信した下位レイヤ送信元アドレスまたは下位レイヤ宛先アドレスを廃棄する。

また、通過パケット数カウント処理部28aのしきい値およびタイマの計測時間は、適

宜自由に設定することができる。なお、本実施例では、タイマを60秒、一定回数を1000回と設定する。

[0052] モニタリングテーブルエントリ情報通知部29は、フレーム送信宛先変更通知部28から通知された下位レイヤアドレス対を有する下位レイヤフレームの通過回数をカウントするモニタリングエントリの追加を指示するSNMP設定要求を、予め設定された特定のフレーム転送装置3に送出する。

これにより、パケット転送装置2は、パケット転送頻度がしきい値以上の下位レイヤアドレス対を特定し、フレーム転送装置3に通知することが可能となる。

また、下位レイヤ送信元アドレスに該当するフレーム転送装置3と、通知した下位レイヤ宛先アドレスに該当するフレーム転送装置3との間で、直接にパケットを転送させることも可能になる。

[0053] 図3は、本実施例にかかるフレーム転送装置3の構成を示すブロック図である。本実施例にかかるフレーム転送装置3は、下位レイヤアドレス抽出部31と、フォワーディング処理部32と、送信フレーム処理部33と、通過フレームカウント処理部34と、外部装置接続処理部35とを有する。

[0054] 下位レイヤアドレス抽出部31は、受信した下位レイヤフレームから下位レイヤアドレス対、すなわち下位レイヤ送信元アドレスおよび下位レイヤ宛先アドレスを抽出する。

フォワーディング処理部32は、下位レイヤ宛先アドレスと出力リンクとの対応が記録されたフレーム転送テーブル32aを有し、このフレーム転送テーブル32aを参照して、受信した下位レイヤフレームの下位レイヤ宛先アドレスに対応する出力リンクを検出する。

送信フレーム処理部33は、受信した下位レイヤフレームをフォワーディング処理部32で検出した出力リンクへ送出する。

[0055] 通過フレームカウント処理部34は、例えば図8に示すような、所定の下位レイヤアドレス対を有する下位レイヤフレームの数をカウントするカウンタとおよびそのカウント時間を設定するタイマとからなるモニタリングエントリが登録されたモニタリングテーブル34aを有する。

このような通過フレームカウント処理部34は、下位レイヤアドレス抽出部31により下

位レイヤアドレス対が抽出されると、この下位レイヤアドレス対に対応するモニタリングエントリのカウント値を1単位加算する。

また、モニタリングエントリのタイマにより計測される所定の時間の間にカウントがされなかった、すなわち所定時間におけるカウント値が0のモニタリングエントリをモニタリングテーブル34aから削除する。また、モニタリングエントリのカウント値が所定回数に達すると、このモニタリングエントリに対応する下位レイヤアドレス対を、ネットワーク制御サーバ4に送信するよう外部装置接続処理部35に指示を出す。

初期値が例えば600秒のタイマが0となった場合、カウンタは0にリセットされ、カウンタがリセットされたときにタイマは初期値にリセットされる。

なお、タイマの初期値、カウンタのしきい値等は、適宜自由に設定することができる。

[0056] 外部装置接続処理部35は、パケット転送装置2およびネットワーク制御サーバ4からモニタリングエントリの追加や削除に関する指示を受信すると、この指示に基づいて通過フレームカウント処理部34のモニタリングテーブル34aのモニタリングエントリの追加や削除を行う。また、ネットワーク制御サーバ4からフレーム転送テーブル32aのエントリの追加や削除に関する指示を受信すると、フレーム転送テーブル32aのエントリの追加や削除を行う。また、通過フレームカウント処理部34から下位レイヤアドレス対に関する情報を受信すると、この情報をネットワーク制御サーバ4へ送出する。

[0057] なお、本実施例では、外部装置接続処理部35は、SNMPを実装しており、パケット転送装置2またはネットワーク制御サーバ4からSNMP参照要求やSNMP設定要求を受信すると、これらからモニタリングエントリの追加や削除に関する情報を取得する。また、SNMPイベント通知により、通過フレームカウント処理部34から受信した下位レイヤアドレス対に関する情報をネットワーク制御サーバ4へ送出する。

これにより、フレーム転送装置3は、パケット転送装置2から通知された転送頻度がしきい値以上の下位レイヤアドレス対を有する下位レイヤフレームをカウントし、その下位レイヤアドレス対を有する下位レイヤフレームの転送頻度が所定の値を超えると、この旨をネットワーク制御サーバ4に通知することが可能となる。

また、下位レイヤアドレス対を有するフレーム転送頻度をカウントするモニタリングテ

一ブルにおいて、一定時間通信が確認されなかつた下位レイヤアドレス対に対応するモニタリングエントリを削除することも可能となる。

[0058] 図4は、本実施例にかかるネットワーク制御サーバの構成を示すブロック図である。ネットワーク制御サーバ4は、外部装置制御処理部41と、トラヒック情報収集部42と、経路最適化計算処理部43と、経路情報変更通知部44とを有する。

[0059] 外部装置制御処理部41は、フレーム転送装置3から受信した通過フレーム数の多い下位レイヤアドレス対に関する情報をトラヒック情報収集部42に送出する。また、経路情報変更通知部44から受信したパケット転送装置2のフォワーディングテーブル23aのエントリおよびフレーム転送装置3のフレーム転送テーブル32aのエントリの追加や削除に関する指示およびフレーム転送装置3のモニタリングエントリの追加や削除に関する指示を、それぞれに送出する。

なお、本実施例では、外部装置制御処理部35はSNMPを実装しており、パケット転送装置2およびフレーム転送装置3に対してSNMP参照要求またはSNMP設定要求を送信することにより、パケット転送装置2のフォワーディングテーブル23a、フレーム転送装置3のフレーム転送テーブル32aやモニタリングテーブル34aのエントリの参照、追加および削除を可能とする。

[0060] トラヒック情報収集部42は、フレーム転送装置3から受信する通過フレーム数の多い下位レイヤアドレス対に関する情報を記憶する。また、各パケット転送装置2および各フレーム転送装置3にSNMP参照要求を送信し、各パケット転送装置2および各フレーム転送装置3から返信されるSNMP参照応答により得られる各パケット転送装置2のフォワーディングテーブル23a並びに各フレーム転送装置3のフレーム転送テーブル32aおよびモニタリングテーブル34aに関する情報を記憶する。

[0061] 経路最適化計算処理部43は、トラヒック情報収集部42に記憶された情報に基づいて、通過フレームの多い下位レイヤアドレス対の間に割り当てるべき経路を決定するための経路計算を行う。

[0062] 経路情報変更通知部44は、経路最適化計算処理部43が算出した経路を記憶する。また、経路最適化計算処理部43の計算結果により、変更されることになる経路上に位置するフレーム転送装置3の通過フレームカウント処理部34に、その削除経路

の下位レイヤアドレス対のモニタリングエントリを削除する指示を生成し、外部装置制御処理部41に送出する。また、経路最適化計算処理部43により算出された経路上のフレーム転送装置3のフォワーディング処理部32に、フレーム転送テーブル32aにその追加経路の下位レイヤ宛先アドレスと出力リンクに関するエントリを追加し、かつ、そのフレーム転送装置3の通過フレームカウント処理部34に対して、その経路の下位レイヤアドレス対に対してモニタリングエントリを追加する指示を生成し、外部装置制御処理部41に送出する。また、経路最適化計算処理部43により算出された経路上のパケット転送装置2のフォワーディングテーブル処理部23に対して、フォワーディングテーブル23aに、その追加経路の下位レイヤ宛先アドレスに対応する出力リンクを計算結果に基づいて書き換える指示を生成し、外部装置制御処理部41に送出する。

これにより、ネットワーク制御サーバ4は、フレーム転送装置3のモニタリングテーブル34aのエントリの追加および削除が可能となる。

[0063] 次に、図2を参照して、本実施例にかかるパケット転送装置2の動作について説明する。

ここで、パケット転送装置2の動作を大別すると、フレーム転送動作、フレーム送信宛先変更動作およびフォワーディングテーブル更新動作に分けることができる。それについて以下に説明する。

[0064] まず、フレーム転送動作について説明する。

パケット転送装置2の受信フレーム処理部21は、前のホップの任意のパケット転送装置2から転送されてきた下位レイヤフレームを受信すると、当該下位レイヤフレームのヘッダを送信元フレームアドレス抽出部25に、また、当該下位レイヤフレームのペイロードをパケット処理部22へ送出する。

[0065] 受信フレーム処理部21から上位レイヤパケットとして下位レイヤフレームのペイロードを受信すると、パケット処理部22は、当該上位レイヤパケットの宛先アドレスを抽出し、フォワーディングテーブル処理部23に送出する。

パケット処理部22から上位レイヤパケットの宛先アドレスを受信すると、フォワーディングテーブル処理部23は、フォワーディングテーブル23aを検索し、その上位レイヤ

パケットを転送すべき次のホップのパケット転送装置2の下位レイヤ宛先アドレスを検出する。この検出結果および上位レイヤ宛先アドレス(アドレス解決情報)は、パケット処理部22に送出されるとともに、アドレス解決情報抽出部23に送信される。

フォワーディングテーブル処理部23からアドレス解決情報を受信すると、パケット処理部22は、このアドレス解決情報とともに上位レイヤパケットを送信フレーム処理部24へ送出する。

送信フレーム処理部24は、パケット処理部22から受信した上位レイヤパケットをペイロードとし、その上位レイヤパケットと同時に送られてきたアドレス解決情報に含まれる下位レイヤ宛先アドレスから下位レイヤフレームヘッダを作成し、当該ペイロードと当該下位レイヤフレームヘッダとからなる下位レイヤフレームを、次のホップのパケット転送装置2に送出する。

[0066] 次に、フレーム送信宛先変更動作について説明する。

送信元フレームアドレス抽出部25は、受信フレーム処理部21から下位レイヤフレームのヘッダを受信すると、このヘッダから当該下位レイヤフレームの送信元のアドレス、すなわち下位レイヤ送信元アドレスを抽出する。この抽出した下位レイヤ送信元アドレスがユーザ網6を経由するアドレスではない場合、送信元フレームアドレス抽出部25は、当該下位レイヤ送信元アドレスをフレーム送信宛先変更通知部28へ送出する。

また、アドレス解決情報抽出部27は、フォワーディングテーブル処理部23からアドレス解決情報を受信すると、このアドレス解決情報に含まれる下位レイヤ宛先アドレスがユーザ網6を経由するアドレスではない場合、そのアドレス解決情報をフレーム送信宛先変更通知部28へ送出する。

[0067] フレーム送信宛先変更通知部28は、送信元フレームアドレス抽出部25から下位レイヤ送信元アドレスを、アドレス解決情報抽出部27からアドレス解決情報に含まれる下位レイヤ宛先アドレスをそれぞれ受信すると、通過パケットカウント部28aにおいて、当該下位レイヤ送信元アドレスと当該下位レイヤ宛先アドレスとの対(下位レイヤアドレス対)を有する下位レイヤフレームを何度受信したかカウントする。所定時間内に所定回数、例えば60秒以内に1000回以上任意の下位レイヤアドレス対をカウントす

ると、フレーム送信宛先変更通知部28は、その任意の下位レイヤアドレス対をモニタリングテーブルエントリ情報通知部29に通知するとともに、その任意の下位アドレス対の下位レイヤ宛先アドレスの元となるアドレス解決情報からフレーム送信宛先変更通知フレームのペイロードを生成し、その任意の下位レイヤアドレス対の下位レイヤ送信元アドレスからフレーム送信宛先変更通知フレームのヘッダを生成する。この生成したフレーム送信宛先変更通知フレームは、送信フレーム処理部24に送出される。

[0068] また、モニタリングテーブルエントリ情報通知部29は、フレーム送信宛先変更通知部28から下位レイヤアドレス対を通知されると、予め設定されている特定のフレーム転送装置3の通過フレームカウント処理部34に対して、当該下位レイヤアドレス対を有する下位レイヤフレームの通過回数をカウントするモニタリングエントリの追加を指示するSNMP設定要求を生成する。この生成したSNMP設定要求は、送信フレーム処理部24に送出される。

[0069] 送信フレーム処理部24は、フレーム送信宛先変更通知部28からフレーム送信宛先変更通知フレームを受信すると、このフレームを前のホップのパケット転送装置2へ送出する。また、送信フレーム処理部24は、モニタリングテーブルエントリ情報通知部29からSNMP設定要求を受信すると、このSNMP設定要求を特定のフレーム転送装置3へ宛てて送出する。

[0070] これにより、パケット転送装置2は、カウント値が予め決められたしきい値を超えた下位レイヤアドレス対を、予め決められたフレーム転送装置3に通知することが可能となり、フレーム転送装置3がカウントすべき下位レイヤアドレス対を必要最低限に抑制することが可能となる。

また、パケット転送装置2は、受信した上位レイヤパケットのフォワーディング処理を行うとともに、次のホップのパケット転送装置のアドレス解決情報を前ホップのパケット転送装置に通知することも可能となる。

[0071] 次に、フォワーディングテーブル更新動作について説明する。

受信フレーム処理部21は、フレーム送信宛先変更通知フレームを受信すると、このフレームのペイロードをフレーム送信宛先変更処理部26に送出する。

フレーム送信宛先変更処理部26は、受信フレーム処理部21からフレーム送信宛先変更通知フレームのペイロードを受信すると、このペイロードからアドレス解決情報を取り出し、フォワーディングテーブル処理部23へ送出する。

フォワーディングテーブル処理部23は、フレーム送信宛先変更処理部26からアドレス解決情報を受信すると、これをフォワーディングテーブル23aに登録する。

[0072] これにより、本実施例にかかるパケット転送装置2は、アドレス解決情報が通知されると、通知された情報をフォワーディングテーブル23aに登録するので、これ以後の同一宛先への上位レイヤパケットを転送品質を向上させるより適した経路で送信することが可能となる。

[0073] 次に、本実施例にかかるフレーム転送装置3の動作について説明する。

フレーム転送装置3の動作を大別すると、モニタリングテーブル更新動作、フレーム転送動作および通過フレームカウント動作に分けられる。それについて以下に説明する。

[0074] まず、モニタリングテーブル更新動作について説明する。

外部装置接続処理部35は、パケット転送装置2から任意の下位レイヤアドレス対を有する下位レイヤフレームの通過回数をカウントするモニタリングエントリの追加を指示するSNMP設定要求を受信すると、通過フレームカウント処理部34が有するモニタリングテーブル34aに当該下位レイヤアドレス対のモニタリングテーブルエントリを追加登録する。

[0075] 次に、フレーム転送動作について説明する。

下位レイヤアドレス抽出部31は、前のホップのフレーム転送装置2から下位レイヤフレームを受信すると、このフレームのヘッダから下位レイヤ送信元アドレスおよび下位レイヤ宛先アドレスを抽出し、抽出した下位レイヤアドレス対を通過フレーム数カウント処理部32に通知するとともに、下位レイヤフレームをフォワーディング処理部29へ送出する。

フォワーディング処理部32は、下位レイヤアドレス抽出部28から受信した下位レイヤフレームから下位レイヤ宛先アドレスを抽出し、この下位レイヤ宛先アドレスに対応する当該下位レイヤフレームを転送すべき次のホップのフレーム転送装置2のアドレ

スを、フレーム転送テーブル32aを参照して検出する。この検出結果は、下位レイヤフレームとともに送信フレーム処理部33へ送出される。

送信フレーム処理部33は、フォワーディング処理部32から受信した下位レイヤフレームを、同時に受信した次のホップのフレーム転送装置2のアドレスに宛てて送出する。

[0076] 次に、通過フレームカウント動作について説明する。

通過フレームカウント処理部34は、下位レイヤアドレス抽出部31から下位レイヤアドレス対を受信すると、このアドレス対に対応するモニタリングエントリをモニタリングテーブル34aから検索し、このモニタリングテーブル34aの当該下位レイヤアドレス対に対応するモニタリングエントリのカウンタを1単位加算する。

また、モニタリングテーブル34aにおいてカウンタの値が例えば4000万を超えたモニタリングエントリは、このモニタリングエントリに対応するアドレス対のフレーム通過カウント数がしきい値を超えたことを示す通知を、外部装置接続処理部35に送出する。

その通知を受信すると、外部装置接続処理部34は、フレーム通過カウント数がしきい値を超えた下位レイヤアドレス対をネットワーク制御サーバ4に通知するためのSNMPイベント通知を生成し、ネットワーク制御サーバ4に送出する。

なお、通過フレームカウント処理部34は、モニタリングテーブル34aにおいて、所定時間を計測するタイマが0になると、全てのエントリのカウンタを0にリセットするが、このリセット直前のカウンタ値が0である下位レイヤアドレス対のエントリを、モニタリングテーブル34aから削除する。

[0077] 以上の動作により、フレーム転送装置3は、パケット転送装置2によりモニタリングテーブル34aのエントリの追加や削除を行われることが可能となる。

また、一定時間通信が確認されなかった下位レイヤアドレス対のモニタリングエントリをモニタリングテーブル34aから削除することが可能となる。これにより、フレーム転送装置3は、必要最低限のモニタリングエントリのみ保有することが可能となる。

また、下位レイヤフレームの転送頻度がしきい値以上の下位レイヤアドレス対をネットワーク制御サーバ4に通知することが可能となる。

[0078] 次に、本実施例にかかるネットワーク制御サーバ4の動作について説明する。

外部装置制御処理部41は、フレーム転送装置3からSNMPイベント通知を受信すると、フレーム転送装置3において転送頻度がしきい値所定の値以上となっている下位レイヤアドレス対をSNMPイベント通知から抽出し、トラヒック情報収集部42へ送出する。

[0079] トラヒック情報収集部42は、フレーム転送装置3における転送頻度がしきい値以上となった下位レイヤアドレス対を記憶し、各パケット転送装置2および各フレーム転送装置3に宛ててSNMP参照要求を送出し、各パケット転送装置2および各フレーム転送装置3から返信されるSNMP参照応答から各パケット転送装置2のフォワーディングテーブル23a並びに各フレーム転送装置3のフレーム転送テーブル32aおよびモニタリングテーブル34aに関する情報を収集し、これらの情報(トラヒック情報)を記憶するとともに経路最適化計算処理部43に送出する。

[0080] 経路最適化計算処理部43は、トラヒック情報収集部42からトラヒック情報を受信すると、このトラヒック情報に基づいて転送経路を最適化するための計算を行い、この計算により得られた経路を経路情報変更通知部44へ送出する。

[0081] 経路情報変更通知部44は、経路最適化計算処理部43から転送経路を最適にする経路に関する情報を受信すると、変更前の経路上に存在するパケット転送装置2に対して、フォワーディングテーブル23aに登録されているその変更前の経路に該当するエントリを削除する通知を、変更前の経路上に存在するフレーム転送装置3に対して、通過フレームカウント処理部34のモニタリングテーブル34aに登録されているその変更前の経路に該当するエントリを削除する通知をそれぞれ生成し、外部装置制御処理部41に送出する。

[0082] また、経路情報変更通知部44は、経路最適化計算処理部43により計算された経路上に存在する特定のパケット転送装置2およびフレーム転送装置3に対して、フォワーディングテーブル23aおよびフレーム転送テーブル32aに、転送経路を最適にする経路のエントリ、任意の下位レイヤ宛先アドレスに対応する出力リンクを、転送経路を最適にする出力リンクに書き換える通知を生成し、外部装置制御処理部41に送出する。

また、経路情報変更通知部44は、経路最適化計算処理部43により計算された経

路上に存在する特定のフレーム転送装置3に対して、モニタリングテーブル34aに、その計算結果に該当する下位レイヤアドレス対に対応するモニタリングエントリを追加する通知を生成し、外部装置制御処理部41に送出する。

[0083] 外部装置制御処理部41は、経路情報変更通知部44から受信した各通知をSNMP設定要求に変換し、各パケット転送装置2および各フレーム転送装置3へ送出する。

[0084] 以上の動作により、本実施例にかかるネットワーク制御サーバ4は、下位レイヤフレームの転送経路を最適化することが可能となる。

[0085] 次に、図5を参照して、本実施例にかかるパケット通信ネットワークシステムの動作の具体例について説明する。図5は、本実施例にかかるパケット通信ネットワークシステム1の動作の具体例を示す図である。

パケット転送装置2a～2eは、それぞれ特定の上位レイヤアドレスIP #9～13および下位レイヤアドレスCORE #1～5を有し、それぞれリンク1101～1110により特定の下位レイヤアドレスCORE #6, 7を有するフレーム転送装置3a、3bに接続されている。また、パケット転送装置2a～2eは、リンク1111～1118により、それぞれ特定の上位レイヤアドレスIP #1～8を有する特定の端末装置5a～5hと接続されている。このようなパケット転送装置2a～2eおよびフレーム転送装置3a、3bは、それぞれリンク1121～1127を介してネットワーク制御サーバ4に接続されている。

ここで、リンク1111～1118は、図1におけるユーザ網6a～6dに相当する。

[0086] まず、上述したようなパケット通信ネットワークシステム1において、上位レイヤアドレスIP #1を有する端末5aと、上位レイヤアドレスIP #5を有する端末5eとの間で通信を開始すると、端末5aからパケット転送装置2a、フレーム転送装置3a、パケット転送装置2eおよびパケット転送装置2cを経由して、端末5eに下位レイヤフレームが転送される場合を例に説明する。

[0087] パケット転送装置2aは、上位レイヤ宛先アドレスがIP #5、上位レイヤ送信元アドレスがIP #1の上位レイヤパケットをペイロードに持つ下位レイヤフレームを端末5aから受信すると、その上位レイヤ宛先アドレスIP #5と、フォワーディングテーブル処理部23のフォワーディングテーブル23aから、上位レイヤ宛先アドレスIP #5を転送す

べきパケット転送装置2の下位レイヤ宛先アドレスおよび出力リンクを検出する。ここで、転送すべきパケット転送装置2の下位レイヤ宛先アドレスがCORE #5、出力リンクがリンク1101と検出されると、パケット転送装置2は、下位レイヤ送信元アドレスをパケット転送装置2aの下位レイヤアドレスCORE #1とし、受信した下位レイヤフレームを送信フレーム処理部24により再カプセル化した下位レイヤフレームを、リンク1101に送出する。

このとき、パケット転送装置2aは、受信した下位レイヤフレームの送信元アドレスがユーザ網を経由するアドレスであるため、送信元フレームアドレス抽出部25により、その下位レイヤフレームのヘッダに関する情報を廃棄する。これにより、パケット転送装置2aは、その下位レイヤフレームに関する通過フレーム数のカウントを行わない。

- [0088] パケット転送装置2aからリンク1101を経由して下位レイヤフレームを受信したフレーム転送装置3aは、その下位レイヤフレームの下位レイヤ宛先アドレスCORE #5と、フォワーディング処理部32のフレーム転送テーブル32aに基づいて、受信した下位レイヤフレームを送出すべきリンクを検索する。この検索の結果、リンク1109が検出されると、フレーム転送装置3aは、パケット転送装置2aから受信した下位レイヤフレームを、そのリンク1109に送出する。なお、この時点では、フレーム転送装置3aは、その下位レイヤフレームに関するモニタリングを行わない。
- [0089] パケット転送装置2eは、リンク1109を介してフレーム転送装置3aから下位レイヤフレームを受信すると、受信フレーム処理部21により受信した下位レイヤフレームのペイロードをパケット処理部22へ、また、受信した下位レイヤフレームのヘッダを送信元フレームアドレス抽出部25へそれぞれ送出する。
- [0090] パケット転送装置2eのパケット処理部22では、下位レイヤフレームのペイロード、すなわち上位レイヤパケットから上位レイヤ宛先アドレスIP #5を抽出し、この上位レイヤ宛先アドレスIP #5と、フォワーディングテーブル処理部23のフォワーディングテーブル23aを参照して、上位レイヤ宛先アドレスIP #5を転送すべきパケット転送装置の下位レイヤ宛先アドレスを検索する。検索の結果、転送すべきパケット転送装置の下位レイヤ宛先アドレスがCORE #3、出力すべきリンクがリンク1103と検出されると、パケット転送装置2eは、下位レイヤ送信元アドレスをパケット転送装置2eの下位レ

イヤアドレスCORE # 5とし、送信フレーム処理部24で再カプセル化した下位レイヤフレームを、リンク1109およびフレーム転送装置3aを介して、リンク1103へ送出する。

[0091] このとき、パケット転送装置2eの送信元フレームアドレス抽出部25は、受信フレーム処理部21から下位レイヤフレームのヘッダを受信すると、このヘッダから下位レイヤ送信元アドレスCORE # 1を抽出し、フレーム送信宛先変更通知部28へ送出する。また、アドレス解決情報抽出部27は、フォワーディングテーブル処理部23から解決情報として下位レイヤ宛先アドレスCORE # 3を受信すると、この受信した情報をフレーム送信宛先変更通知部28へ送出する。

フレーム送信宛先変更通知部28は、送信元フレームアドレス抽出部25から下位レイヤ送信元アドレスCORE # 1と、アドレス解決情報抽出部27から下位レイヤ宛先アドレスCORE # 3とを受信すると、通過パケットカウント部28aにおいて、下位レイヤ送信元アドレスCORE # 1と下位レイヤアドレスCORE # 3とからなるアドレス対に対応するパケットの通過カウントを1単位加算する。

[0092] パケット転送装置2cは、パケット転送装置2eから下位レイヤフレームを受信すると、受信した下位レイヤフレームのペイロードをパケット処理部22へ、また、受信した下位レイヤフレームのヘッダを送信元フレームアドレス抽出部25へそれぞれ送出する。

[0093] パケット処理部22は、下位レイヤフレームのペイロード、すなわち上位レイヤパケットから上位レイヤ宛先アドレスIP # 5を抽出し、この上位レイヤ宛先アドレスIP # 5と、フォワーディングテーブル処理部23のフォワーディングテーブル23aを参照し、上位レイヤ宛先アドレスIP # 5を転送すべき端末の下位レイヤ宛先アドレスを検索する。検索の結果、転送すべき端末の下位レイヤ宛先アドレスがUSER # 2、出力すべきリンクがリンク1115と検出されると、パケット転送装置2cは、下位レイヤ送信元アドレスをパケット転送装置2cの下位レイヤアドレスCORE # 3とし、送信フレーム処理部24で再カプセル化した下位レイヤフレームを、リンク1115へ送出する。

[0094] ここで、アドレス解決情報抽出部27は、送出する下位レイヤフレームの下位レイヤ宛先アドレス、すなわちフォワーディングテーブル処理部23が検出した下位レイヤ宛先アドレスがユーザ網を経由するアドレスであるため、その下位レイヤ宛先アドレスを

フレーム送信宛先変更通知部28へ通知しない。これにより、パケット転送装置2cは、その下位レイヤフレームに関する通過フレーム数カウントを行わない。

- [0095] このような手順により、上位レイヤアドレスIP # 1を有する端末5aから送出された下位レイヤフレームは、上位レイヤアドレスIP # 5を有する端末5eに転送される。
- [0096] 次に、上述した場合において、上位レイヤアドレスIP # 1を有する端末5aと、上位レイヤアドレスIP # 5を有する端末5eとの間の通信が、所定時間内に所定のしきい値以上繰り返された場合のパケット通信ネットワークシステムの動作について説明する。
- [0097] パケット転送装置2eのフレーム送信宛先変更通知部28の通過パケットカウント部28aにおいて、下位レイヤアドレス対としてCORE # 1およびCORE # 3に対応するエントリのタイマが0になる前にカウント値が1000を超えると、フレーム送信宛先変更通知部28は、モニタリングテーブルエントリ情報通知部29にCORE # 1およびCORE # 3の下位レイヤアドレス対を通知する。

また、フレーム送信宛先変更通知部28は、上位レイヤ宛先アドレスIP # 5およびこの上位レイヤ宛先アドレスIP # 5に対応する下位レイヤ宛先アドレスCORE # 3を含むアドレス解決情報からなるペイロードと、下位レイヤ送信元アドレスCORE # 1を下位レイヤ宛先アドレスとしたヘッダとから構成されるフレーム送信宛先通知フレームを生成し、送信フレーム処理部24へ送出する。

送信フレーム処理部24は、受信したフレーム送信宛先通知フレームを、下位レイヤアドレスがCORE # 1であるパケット転送装置2aに宛てて送出する。

- [0098] モニタリングテーブルエントリ情報通知部29は、CORE # 1およびCORE # 5の下位レイヤアドレス対を受信すると、予め設定されているフレーム転送装置(3a)の通過フレーム数カウント処理部34のモニタリングテーブル34aに対して、当該下位レイヤアドレス対を有する下位レイヤフレームの通過回数をカウントするカウンタおよび所定時間、例えば600秒ごとにカウント値をリセットするタイマを有するモニタリングエントリとを追加することを指示するSNMP設定要求を生成し、送信フレーム処理部24へ送出する。

送信フレーム処理部24は、モニタリングテーブルエントリ情報通知部29からSNMP設定要求を受信すると、パケット転送装置2eとフレーム転送装置3aとを接続するリ

ンクであるリンク1109に出力する。

[0099] フレーム転送装置3aは、外部装置接続処理部35がSNMP設定要求を受信すると、このSNMP設定要求に基づいて、通過フレーム数カウント処理部34のモニタリングテーブル34aに、CORE # 1とCORE # 3の下位レイヤアドレス対に対応するモニタリングエントリを追加登録する。

[0100] 一方、パケット転送装置2aの受信フレーム処理部21は、パケット転送装置2cからフレーム送信宛先変更通知フレームを受信すると、このフレームのペイロードをフレーム送信宛先変更処理部26へ送出する。

フレーム送信宛先変更処理部26は、フレーム送信宛先変更通知フレームのペイロードを受信すると、このペイロードからアドレス解決情報、すなわち上位レイヤ宛先アドレスIP # 5およびこの上位レイヤ宛先アドレスIP # 5に対応した下位レイヤ宛先アドレスCORE # 3とを抽出し、フォワーディングテーブル処理部23へ送出する。

[0101] フォワーディングテーブル処理部23は、上位レイヤ宛先アドレスIP # 5および下位レイヤ宛先アドレスCORE # 3を受信すると、これらに基づいてフォワーディングテーブル23aを書き換える。すなわち、これまでフォワーディングテーブル23aには、上位レイヤ宛先アドレスIP # 5に対応する下位レイヤ宛先アドレスとしてCORE # 5が登録されていたが、フレーム送信宛先変更通知フレームにより、フォワーディングテーブル23aの上位レイヤ宛先アドレスIP # 5に対応する下位レイヤ宛先アドレスをCORE # 3と書き換える。

この処理以降、パケット転送装置2aは、上位レイヤ宛先アドレスがIP # 5に対応する下位レイヤフレームを、パケット転送装置2c経由ではなく、パケット転送装置2cへ直接送出する。

また、上記処理以降、パケット転送装置2aとパケット転送装置2cとを中継するフレーム転送装置3aでは、CORE # 1とCORE # 3からなる下位レイヤアドレス対を有する下位レイヤフレームの通過回数のカウントを開始する。

[0102] ここで、フレーム転送装置3aの通過フレームカウント処理部34のモニタリングテーブル34aにおいて、任意のエントリのタイマが0となった際にカウンタが0であった場合、通過フレームカウント処理部34aは、その任意のエントリをモニタリングテーブル34

aから削除する。また、任意のエントリのタイマが0となった際にカウンタが4000万以下の場合、フレームカウント処理部34は、その任意のエントリのカウンタを0にリセットし、再び通過フレーム数をカウントする。

[0103] また、例えば、CORE # 1とCORE # 3の下位レイヤアドレス対に対応するエントリのカウンタが、タイマが0となる前に4000万を超えたとする。この場合、フレーム転送装置3の通過フレームカウント処理部34は、CORE # 1とCORE # 3の下位レイヤアドレス対を有する下位レイヤフレームの通過回数がしきい値を超えたという通知を、外部装置接続処理部35へ送出する。

その通知を受信した外部装置接続処理部35は、CORE # 1とCORE # 3の下位レイヤアドレス対を有する下位レイヤフレームの通過回数がしきい値を超えたというSNMPイベント通知を生成し、ネットワーク制御サーバ4に対して送出する。

[0104] ネットワーク制御サーバ4は、フレーム転送装置3からSNMPイベント通知を受信すると、このSNMPイベント通知から下位レイヤアドレスCORE # 1およびCORE # 3を抽出し、これらの情報を記憶するとともに、各フレーム転送装置3にSNMP参照要求を送信し、各フレーム転送装置3から返信されるSNMP参照応答から、各フレーム転送装置3のフォワーディングテーブル23aおよび通過フレームカウント処理部34の情報を収集し、パケット通信ネットワークシステム1全体の転送経路およびトラヒック収容を最適化するための計算を実行する。これにより、例えば、CORE # 1とCORE # 3間の経路をフレーム転送装置3a経由からフレーム転送装置3b経由に変更するという計算結果が得られた場合は、リンク1121を経由してパケット転送装置2aに対して、パケット転送装置2aのフォワーディングテーブル処理部23のフォワーディングテーブル23aにおける下位レイヤ宛先アドレスCORE # 3に対応する出力リンクをリンク1101からリンク1105に書き換えるためのSNMP設定要求を送信する。

また、リンク1123を経由してフレーム転送装置3aに対して、フレーム転送装置3aの通過フレームカウント処理部34のモニタリングテーブル34aに登録されているCORE # 1とCORE # 3の下位レイヤアドレス対に対応するエントリを削除するためのSNMP設定要求を送信する。

さらに、リンク1125を経由してフレーム転送装置3bに宛てて、フレーム転送装置3b

の通過フレームカウント処理部34のモニタリングテーブル34aに、CORE #1およびCORE #3の下位レイヤアドレス対を有する下位レイヤフレームの通過回数をカウントするカウンタおよび600秒ごとにカウント値をリセットするタイマから構成されるモニタリングエントリとを追加するためのSNMP設定要求と、フォワーディングテーブル処理部32のフレーム転送テーブル32aに、下位レイヤ宛先アドレスCORE #3に対応する下位レイヤフレームの出力リンクをリンク1107と設定したエントリを追加するためのSNMP設定要求とを生成し、送出する。

[0105] パケット転送装置2aは、ネットワーク制御サーバ4からSNMP設定要求を受信すると、フォワーディングテーブル処理部23のフォワーディングテーブル23aに登録された下位レイヤ宛先アドレスCORE #3に対応する出力リンクを、リンク1101からリンク1105に書き換え、SNMP設定応答をネットワーク制御サーバ4へ送出する。

フレーム転送装置3aは、ネットワーク制御サーバ4からSNMP設定要求を受信すると、通過フレームカウント処理部34のモニタリングテーブル34aに登録されたCORE #1とCORE #3の下位レイヤアドレス対に対応するエントリを削除し、SNMP設定応答をネットワーク制御サーバ4へ送出する。

[0106] フレーム転送装置3bは、ネットワーク制御サーバ4からSNMP設定要求を受信すると、通過フレームカウント処理部34のモニタリングテーブル34aに、CORE #1およびCORE #3の下位レイヤアドレス対を有する下位レイヤフレームの通過回数をカウントするカウンタおよび600秒ごとにカウント値をリセットするタイマからなるモニタリングエントリを追加登録し、SNMP設定応答をネットワーク制御サーバ4へ送信する。

また、フォワーディングテーブル処理部32のフレーム転送テーブル32aに、下位レイヤ宛先アドレスCORE #3に対応する下位レイヤフレームの出力リンクを、リンク1107と設定したエントリを追加登録し、SNMP設定応答をネットワーク制御サーバ4へ送信する。

[0107] これにより、CORE #1とCORE #3との間の経路は、フレーム転送装置3a経由の経路からフレーム転送装置3b経由の経路へと変更される。

[0108] 以上の動作により、本実施例にかかるパケット通信ネットワークシステムでは、パケット転送装置2が、上位レイヤの転送頻度がしきい値以上の下位レイヤアドレス対を特

定してフレーム転送装置に通知するとともに、当該下位レイヤ送信元アドレスに該当するパケット転送装置と、そのパケット転送装置へ通知した下位レイヤ宛先アドレスに該当するパケット転送装置との間で、直接パケットを転送させることが可能となる。また、フレーム転送装置3は、必要最低限のモニタリングエントリのみを有するとともに、下位レイヤフレーム転送頻度がしきい値以上の下位レイヤアドレス対をネットワーク制御サーバに通知することが可能となる。また、ネットワーク制御サーバ4は、下位レイヤアドレス対に該当する下位レイヤフレームの転送頻度をカウントするテーブルのエントリの追加および削除を行うとともに、パケット転送装置2間の下位レイヤフレームの転送頻度に応じて転送経路を切り替えることが可能となる。これらの結果、トラヒックエンジニアリングの効率を向上させることが可能となる。

[0109] なお、上述したパケット転送装置2、フレーム転送装置3、ネットワーク制御サーバ4および端末5は、コンピュータで実現することができる。このコンピュータは、CPUとROM(Read Only Memory)と、RAM(Random Access Memory)と、フレキシブルディスク装置等の補助記憶装置と、ハードディスク装置等の大容量の外部記憶装置と、リンクとの間のインターフェース装置といった構成を有している。

[0110] コンピュータをパケット転送装置2、フレーム転送装置3、ネットワーク制御サーバ4として機能させるためのプログラムは、フレキシブルディスク、CD-ROM、メモリーカード等の記憶媒体に記憶された状態で提供される。この記憶媒体をコンピュータの補助記憶装置に挿入すると、媒体に記憶されたプログラムが読み取られる。そして、CPUは、読み込んだプログラムをRAMあるいは外部記憶装置に書き込み、このプログラムに従って上記実施例で説明したような処理を実行し、各種機能が実施される。

[0111] また、パケット転送装置2、フレーム転送装置3、ネットワーク制御サーバ4および端末5を接続する回線、すなわちユーザ網6、リンク1101ー1118およびリンク1121ー1127等は、光ケーブル等の高速回線のみならず各種回線を使用することができる。

[0112] [第2実施例]

次に、本発明の第2実施例について、フォトニックネットワーク上にIPv6(Internet Protocol Version6)コネクションレス転送ネットワークを構築し、複数のIPv4(Internet Protocol Version4)コネクションレス転送ネットワークで構成されたユーザネットワーク

を収容するVPN (Virtual Private Network ) サービス提供ネットワークを構築する例を用いて示す。

[0113] 図9は、本発明の第2実施例となるネットワークモデルの1例を示すブロック図である。図9は、本実施例のネットワークモデルをパケット転送路という観点から見た構成である。以下、このようにパケット転送路という観点から見たネットワークモデルを転送面と呼ぶ。

[0114] コネクション型ネットワークであるフォトニックネットワーク101は、コネクション交換ノードとなる波長交換機102, 103, 104と、コネクション型ネットワークの端末機能部とから構成されている。このコネクション型ネットワークの端末機能部は、コネクションレス型パケット転送ノード(第1実施例のフレーム転送装置に相当)となるコアノード126と、コネクションレス型パケット通信端末(第1実施例のパケット転送装置に相当)となるエッジノード105, 112, 119とから構成される。

[0115] エッジノード105は、コネクション接続インターフェース109, 110, 111を有し、エッジノード112は、コネクション接続インターフェース116, 117, 118を有し、エッジノード119は、コネクション接続インターフェース123, 124, 125を有している。また、コアノード126は、コネクション接続インターフェース127, 128, 129を有している。

[0116] エッジノード105と波長交換機102との間にはコネクション型ネットワークの伝送リンクとして伝送リンク130が配置され、波長交換機102と103との間には伝送リンク131が配置され、波長交換機102と104との間には伝送リンク132が配置され、波長交換機102とコアノード126との間には伝送リンク135が配置され、コネクションとして波長パスが設定されている。

[0117] 本実施例では、図9に示すように、エッジノード105とコアノード126との間にデフォルト波長パスとして波長パス136が設定され、コアノード126とエッジノード119との間に波長パス137が設定され、コアノード126とエッジノード112との間に波長パス138が設定されているものとする。

[0118] 波長パス136は、エッジノード105のコネクション接続インターフェース109を用い、またコアノード126のコネクション接続インターフェース129を用いる。波長パス137は、コ

アノード126のコネクション接続インターフェース128を用い、エッジノード119のコネクション接続インターフェース123を用いる。波長パス138は、コアノード126のコネクション接続インターフェース127を用い、エッジノード112のコネクション接続インターフェース116を用いる。

[0119] 一方、コネクションレス型パケット転送ネットワークであるIPv6ネットワーク139は、IPv6パケット転送ノードであるコアノード126と、IPv6パケット通信端末であるエッジノード105, 112, 119とから構成されている。

[0120] また、ユーザネットワークであるIPv4ネットワーク140は、IPv4中継ノードとなるエッジノード105, 112, 119と、IPv4ユーザ端末となるユーザ端末141～158とから構成されている。

ユーザ端末141, 142はVPN159に属し、ユーザ端末143, 144はVPN160に属し、ユーザ端末145, 146はVPN161に属し、ユーザ端末147, 148はVPN162に属し、ユーザ端末149, 150はVPN163に属し、ユーザ端末151, 152はVPN164に属し、ユーザ端末153, 154はVPN165に属し、ユーザ端末155, 156はVPN166に属し、ユーザ端末157, 158はVPN167に属している。

[0121] エッジノード105とユーザ端末141, 142, 143, 144, 145, 146との間はそれぞれアクセスリンク168, 169, 170, 171, 172, 173によって接続され、エッジノード112とユーザ端末147, 148, 149, 150, 151, 152との間はそれぞれアクセスリンク174, 175, 176, 177, 178, 179によって接続され、エッジノード119とユーザ端末153, 154, 155, 156, 157, 158との間はそれぞれアクセスリンク180, 181, 182, 183, 184, 185によって接続されている。

[0122] このネットワークモデルでは、エッジノード105, 112, 119はそれぞれ転送機能部106～108, 113～115, 120～122を有し、これらの転送機能部がそれぞれユーザのVPNを収容する。例えば、エッジノード105配下のVPN159に属するユーザ端末141, 142は、転送機能部106を介して、他のエッジノード配下のVPNに属するユーザ端末と通信する。

[0123] ユーザ端末からのIPv4パケットは、アクセスリンクを介してエッジノードに届けられる。エッジノードは、ユーザ端末から送信されたIPv4パケットをこのユーザ端末が属す

るVPNに対応する転送機能部に送り、転送機能部でIPv4パケットをIPv6パケットにカプセル化し、生成したIPv6パケットを波長パスを介してコアノードあるいは着側のエッジノードに転送する。

[0124] コアノード126は、ある波長パスから受信したIPv6パケットを別の波長パスへ送出することで、着側のエッジノードに転送する。

着側のエッジノードは、受信したIPv6パケットからIPv4パケットを抽出し、抽出したIPv4パケットをアクセスリンクを介して宛先のユーザ端末へ転送する。

[0125] 本実施例の目的は、このようなネットワークモデル(転送面)において、IPv6パケットのトラヒック帯域と優先度に基づき、最適なフォトニックネットワークの波長パスのルーティングと、最適な波長パスに対するIPv6パケットの割り当てを、同時にかつ実用的な短い時間で計算し設定することである。

[0126] このような設定を可能にするために、本実施例では、図9のネットワークモデル(転送面)に対して、図10のネットワークモデルを適用する。図10は、本実施例のネットワークモデルをトラヒック制御という観点から見た構成である。以下、このようにトラヒック制御という観点から見たネットワークモデルを制御面と呼ぶ。

[0127] このネットワークモデル(制御面)は、管理ネットワーク201を介して、トラヒック制御装置202(第1実施例のネットワーク制御サーバに相当)が、波長交換機102ー104、コアノード126およびエッジノード105, 112, 119と接続されている。

[0128] ここで、波長交換機102ー104にはそれぞれ波長交換テーブル210ー212が内蔵され、コアノード126にはIPv6転送テーブル213が内蔵され、エッジノード105, 112, 119にはそれぞれIPv6転送テーブル214ー216、IPv4転送テーブル217ー219が内蔵されている。

[0129] 波長交換テーブル210ー212は、波長交換機102ー104の入力インターフェース番号と入力波長と出力インターフェース番号と出力波長とを対応付けたものである。コアノード126のIPv6転送テーブル213は、入力IPv6パケットの宛先IPアドレスと出力インターフェース番号とを対応付けたものである。エッジノード105, 112, 119のIPv6転送テーブル214ー216は、入力IPv4パケットの宛先IPアドレスとIPv6アドレスと出力インターフェース番号とを対応付けたものであり、IPv4転送テーブル217ー219は、入

力IPv4パケットの宛先IPアドレスと出力インターフェース番号とを対応付けたものである。トラヒック制御装置202は、管理ネットワーク201を介して、これらのテーブルを書き換えることができる。

[0130] このテーブルの書き換えは、トラヒック制御装置202の図11に示すような構成によつて実現される。図11のように、トラヒック制御装置202は、統計情報収集部301と、統計情報管理部302と、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304と、波長交換機制御部306と、エッジノード制御部307とから構成される。

[0131] 各エッジノード105, 112, 119は、送受信したIPv6パケットについて、帯域および優先度からなる統計情報を、送信元IPv6アドレスと宛先IPv6アドレスの対で規定されるフロー毎に記録する手段と、記録した統計情報をトラヒック制御装置202に通知する手段とを有する。

[0132] トラヒック制御装置202の統計情報収集部301は、エッジノード105, 112, 119から統計情報を収集し、収集した情報を統計情報管理部302へ送信する。統計情報管理部302は、エッジノード105, 112, 119から収集された情報を解析してIPv6フロー統計情報リスト(フローリスト)303を作成する。IPv6フロー統計情報リスト303の各エントリは、送信元IPv6アドレス、宛先IPv6アドレス、IPv6フローの優先度、IPv6フローの帯域で構成される。IPv6フロー統計情報リスト303は、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304へ送付される。

[0133] IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、IPv6フロー統計情報リスト303に基づいてIPv6フローの波長パスへの割り当て計算と波長パスのルーティングを行い、波長パス解リスト305を作成して、トラヒックを制御する。以下、本実施例のトラヒック制御方法について図12を用いて説明する。ここでは、詳細な説明のために、IPv6フロー統計情報リスト303の1例として、図13のリストを用いる。

[0134] IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、統計情報管理部302から図13のようなIPv6フロー統計情報リスト303を受け取ると、図14に示すようにIPv6フロー統計情報リスト303のIPv6フロー(エントリ)を優先度が高い順にソートし、かつ同一優先度のフローについては優先度毎に帯域が広い順にソートする(図12ステップS1)。

[0135] 続いて、IPv6フロー割り当て／波長パスルーチング計算設定部304は、図14のようにソートしたIPv6フロー統計情報リスト303に登録されているフローに対してこのフローの送信元エッジノードと宛先エッジノードとの間に波長パス(コネクション)を設定すると仮定して波長パスの候補を割り当てるなどを、IPv6フロー統計情報リスト303の最上位から順に全てのフローについて行い、図15のような波長パス候補リスト(コネクション候補リスト)308を作成する(ステップS2)。図15において「EN」はエッジノードを表す。波長パス候補リストは、フローの送信元エッジノードと宛先エッジノードとフローの優先度とフローの帯域とを対応付けたものである。IPv6フロー統計情報リスト303の最上位とは、優先度が最も高く、かつ優先度が同じ場合には帯域が最も広いフローであることは言うまでもない。

[0136] このとき、IPv6フロー割り当て／波長パスルーチング計算設定部304は、送信元エッジノードが同一で、かつ宛先エッジノードも同一の同一優先度の1つ以上のフローをその帯域の合計値が波長パス候補の容量を超えない範囲で同一の波長パス候補に割り当てる。したがって、波長パス候補リスト308に登録される波長パス候補の優先度は、この波長パス候補に割り当てたフローの優先度であり、波長パス候補の帯域は、この波長パス候補に割り当てた1つ以上のフローの帯域の合計値である。

[0137] 例えば、図15のIPv6フロー統計情報リスト303において、送信元IPv6アドレスが「IPv6 # A」で宛先IPv6アドレスが「IPv6 # D」の最上位のフローを、送信元エッジノードが105で宛先エッジノードが112の波長パス候補に割り当て、2番目のフロー(送信元IPv6アドレスが「IPv6 # B」で宛先IPv6アドレスが「IPv6 # D」)と同じ波長パス候補に割り当てる。このとき、この波長パス候補の帯域は最上位のフローと2番目のフローの帯域の合計値で「10」となる。ここで、2番目のフローの割り当てにより波長パス候補の容量が一杯となったので、送信元エッジノードが105で宛先エッジノードが112の別の波長パス候補を設定して、この波長パス候補に3番目と4番目のフローを割り当てる。このような波長パス候補の割当をIPv6フロー統計情報リスト303の全てのフローについて順に行う。

[0138] なお、エッジノード105の転送機能部106, 107, 108のIPv6アドレスは図9に示すように「IPv6 # A」, 「IPv6 # B」, 「IPv6 # C」であり、エッジノード112の転送機能部

113, 114, 115のIPv6アドレスは「IPv6 # D」, 「IPv6 # E」, 「IPv6 # F」であり、エッジノード119の転送機能部120, 121, 122のIPv6アドレスは「IPv6 # G」, 「IPv6 # H」, 「IPv6 # I」である。

[0139] 次に、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、図15の波長パス候補リスト308を図16に示すように優先度が高い順にソートし、かつ同一優先度の波長パス候補については優先度毎に帯域が広い順にソートする(図12ステップS3)。

[0140] 続いて、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、図16のようにソートした波長パス候補リスト308から波長パス候補を抽出して、この波長パス候補についてエッジノードのコネクション接続インターフェースの予約を行う。このようなコネクション接続インターフェースの予約を波長パス候補リスト308の最上位から順に全ての波長パス候補について行う(図12ステップS4)。図17の例では、波長パス候補リスト308の1番目、2番目、5番目の波長パス候補についてはコネクション接続インターフェースの予約ができたことを示し、その他の波長パス候補については予約ができなかったことを示している。

[0141] 次に、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、設定すべき波長パス(波長パス解)を登録した波長パス解リスト(コネクション解リスト)から設定の必要がなくなった波長パス解を選択する(図12ステップS5)。設定の必要がなくなった波長パス解とは、波長パス解リストに存在し、かつ現在の波長パス候補リスト308に存在しない波長パス解である。

[0142] 続いて、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、波長パス候補リスト308において前記予約が可能な波長パス候補のうち、後述するタブーコネクションリストに登録されていない最上位の波長パス候補を処理対象の波長パス候補とし、この処理対象の波長パス候補と波長パス解リストから選択した波長パス解の優先度と帯域とを比較する(図12ステップS6)。この比較は、まず優先度を比較し、優先度が同一の場合には帯域を比較する。

[0143] IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、ステップS7においてYESと判定した場合、すなわち波長パス解リストから選択した波長パス解よりも前

記処理対象の波長パス候補の方が優先度および帯域が大きい場合(処理対象の波長パス候補の方が優先度が高い場合、あるいは優先度が同一の場合には帯域が広い場合)、前記処理対象の波長パス候補を波長パス候補リスト308から除いて波長パス解リストに加え、前記選択した波長パス解を波長パス解リストから除いて波長パス候補リスト308に加え、コネクション接続インターフェースの予約状況を変更する(ステップS8)。こうして、波長パス解の優先度と帯域とが向上するように波長パス解リストを作成・更新することができる。

- [0144] また、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、前記選択した波長パス解よりも前記処理対象の波長パス候補の方が優先度および帯域が小さいかあるいは同じである場合、処理対象の波長パス候補をタブーコネクションリストに記録する(図12ステップS9)。
- [0145] こうして、タブーコネクションリストを用いることにより、一度評価した波長パス候補を続けて評価しないようにすることができる、優先度と帯域とが向上しない波長パス候補の評価を避けることができ、少ない計算量で最適な波長パス候補へ到達する確率を高めることができ、計算量を削減することができる。
- [0146] 次に、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、波長パス解リストの最上位の波長パスを送信元エッジノードと宛先エッジノードとの間に設定する場合のフォトニックネットワーク101における経路を計算する(図12ステップS10)。そして、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、計算した経路上にある伝送リンクにおいて前記波長パス解リストの最上位の波長パスを伝送する際に必要となる伝送リソースを確保できるかどうかを判定する(図12ステップS11)。
- [0147] IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、伝送リソースを確保できると判断した場合、前記波長パス解リストの最上位の波長パスを設定するように波長交換機102～104の交換機能を制御すると共に、前述のステップS2で前記波長パス解リストの最上位の波長パスに割り当てられたフローがこの波長パスを使って送信されるようにフローの送信元のエッジノードの送信機能を制御し、前記最上位の波長パスを波長パス解リストから削除する(図12ステップS12)。
- [0148] 例えば、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、波長交換

機制御部306を介して、波長交換機102～104の波長交換テーブル210～212を書き換えて、図18に示すように波長パス186～188を設定する。同時に、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、エッジノード制御部307を介して、エッジノード105, 112, 119のIPv6転送テーブル214～216を設定し、設定を受けたエッジノード105, 112, 119が、波長パス186～188に対し、図15のように割り当てたIPv6フローを流すようにする。このとき、エッジノード105, 112, 119は、宛先エッジノードに送るパケットをIPv6転送テーブル214～216に従って、波長パス186～188に送出する。

- [0149] また、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、波長パス候補リスト308においてコネクション接続インターフェースの予約ができなかった波長パスを流れる予定であったIPv6フローがコアノード126経由の波長パス136～138を流れるように、エッジノード105, 112, 119のIPv6転送テーブル214～216を設定する。
- [0150] また、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、ステップS11において伝送リソースを確保できないと判断した場合、前記最上位の波長パスを波長パス解リストから除いて波長パス候補リスト308に加える(ステップS13)。  
トラヒック制御装置202は、以上説明したステップS1～S13の処理を波長パス解リストが空になるまで繰り返し行い、波長パス解リストが空になった時点でトラヒック制御を終了する。
- [0151] なお、トラヒック制御が終了するその他の条件としては、ステップS4において波長パス候補リスト308に登録された波長パス候補の何れについてもコネクション接続インターフェースの予約ができない場合、またはステップS11において波長パス解リストに登録された波長パス解の何れについても伝送リソースを確保できない場合がある。このような場合にも図12のトラヒック制御を終了する。
- [0152] 以上のような制御により、本実施例では、IPv6ネットワーク139上のIPv6フローを、優先度と帯域とを考慮して、フォトニックネットワーク101上の波長パスに対する最適な割り当てを計算し、かつフォトニックネットワーク101上の波長パスの最適なルーティングを計算し、設定することで、IPv6ネットワーク139の転送容量を最大化し、フォト

ニックネットワーク101の伝送リンクおよびコネクション接続インターフェースの利用効率を最大化することができる。

[0153] [第3実施例]

次に、本発明の第3実施例について説明する。本実施例においても、ネットワークモデルの構成は第2実施例と同じであるので、図9ー図11の符号を用いて説明する。図19は本実施例のトラヒック制御方法を示すフローチャートであり、図12と同一の処理には同一の符号を付してある。

[0154] ステップS1ーS7の処理は第2実施例と同じである。トラヒック制御装置202のIPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、ステップS7においてYESと判定した場合、すなわち波長パス解リストから選択した波長パス解よりも前記処理対象の波長パス候補の方が優先度および帯域が大きい場合、前記処理対象の波長パス候補を波長パス候補リスト308から除いて波長パス解リストに加え、前記選択した波長パス解を波長パス解リストから除いて波長パス候補リスト308に加え、コネクション接続インターフェースの予約状況を変更する(ステップS8)。

[0155] IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、ステップS8の処理が終了した場合、あるいはステップS7において判定NOの場合、前記処理対象の波長パス候補をステップS6の比較処理の現在までの実行回数と共にタブーコネクションリストに記録する(図19ステップS14)。

[0156] そして、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部304は、比較処理の現在までの実行回数よりも所定数以上少ない実行回数と共に記録されている波長パス候補がタブーコネクションリストに存在するかどうか判定し(ステップS15)、このような波長パス候補が存在する場合にはタブーコネクションリストから削除する(ステップS16)。ステップS10ーS13の処理は第2実施例と同じである。

[0157] 本実施例によれば、第2実施例と同様の効果を得ることができる。さらに、本実施例によれば、処理対象の波長パス候補を比較処理の現在までの実行回数と共にタブーコネクションリストに記録し、比較処理の現在までの実行回数よりも所定数以上少ない実行回数と共に記録されている波長パス候補をタブーコネクションリストから削除するようにしたので、タブーコネクションリストに記録されてから時間が経過している

波長パス候補をタブーコネクションリストから削除して、再び処理対象の波長パス候補とすることができます。また、比較処理の現在までの実行回数よりも所定数以上少ない実行回数と共に記録されている波長パス候補をタブーコネクションリストから削除するので、第2実施例に比べてタブーコネクションリストの容量の増大を抑制することができる。

[0158] [第4実施例]

第2実施例、第3実施例では、エッジノード105, 112, 119からトラヒック制御装置202へ統計情報を通知するタイミングと、トラヒック制御装置202がIPv6フロー統計情報リスト303を作成するタイミングについて言及していないが、第2実施例、第3実施例において、トラヒック制御装置202からエッジノード105, 112, 119に対して統計情報の通知間隔を設定するようにしてもよい。

エッジノード105, 112, 119は、受信したパケットについて送信元IPv6アドレスと宛先IPv6アドレスの対で規定されるフロー毎の統計情報を設定された通知間隔毎に記録してトラヒック制御装置202に通知する。

[0159] トラヒック制御装置202の統計情報管理部302は、エッジノード105, 112, 119から収集した情報を解析した結果、既に作成したIPv6フロー統計情報リスト303の情報と異なる場合、エッジノード105, 112, 119から収集した情報に基づいてIPv6フロー統計情報リスト303を更新する。

こうして、本実施例では、統計情報の通知間隔を適切に制御することで、トラヒック制御装置202とエッジノード105, 112, 119の負荷を抑えつつ、ゆるやかなトラヒック帯域の変動に追随し、ネットワークの利用効率を最適に保つことができる。

[0160] [第5実施例]

また、第2実施例、第3実施例において、トラヒック制御装置202からエッジノード105, 112, 119に対して送信元IPv6アドレスと宛先IPv6アドレスの対で規定されるフロー毎に帯域のしきい値を設定するようにしてもよい。

エッジノード105, 112, 119は、受信したパケットについてフロー毎に統計情報を記録し、記録したフローの帯域が設定されたしきい値を超えた場合はこのしきい値を超えたフローの統計情報をトラヒック制御装置202に通知する。

[0161] トランジク制御装置202の統計情報管理部302は、エッジノード105, 112, 119から収集した情報を解析し、IPv6フロー統計情報リスト303を更新する。

本実施例では、急激なトランジク変動時は、通知間隔によらず、即座に統計情報を通知することで、急激なトランジク帯域の変動に追随し、ネットワークの利用効率を最適に保つことができる。

[0162] [第6実施例]

以下、本発明の実施の形態について、フォトニックネットワーク上にIPv6コネクションレス転送ネットワークを構築し、IPv4(Internet Protocol Version4)コネクションレス転送ネットワークで構成されたユーザネットワークを収容する例を用いて示す。

[0163] 図20は、本発明の第6実施例となるネットワークモデルの1例を示すブロック図である。図20は、本実施の形態のネットワークモデルをパケット転送路という観点から見た構成である。以下、このようにパケット転送路という観点から見たネットワークモデルを転送面と呼ぶ。

[0164] コネクション型ネットワークであるフォトニックネットワーク401は、コネクション交換ノードとなる波長交換機402～406と、コネクション型ネットワークの端末機能部とから構成されている。このコネクション型ネットワークの端末機能部は、コネクションレス型パケット転送ノード(第1実施例のフレーム転送装置に相当)となるコアノード423, 429, 435と、コネクションレス型パケット通信端末(第1実施例のパケット転送装置に相当)となるエッジノード407, 411, 415, 419とから構成されている。エッジノード407, 411, 415, 419は、図30のPEルータ501に相当し、コアノード423, 429, 435は、電気Pルータ502に相当し、波長交換機402～406は、光Pルータ503に相当する。

[0165] エッジノード407は、コネクション接続インターフェース409, 410を有し、エッジノード411は、コネクション接続インターフェース413, 414を有し、エッジノード415は、コネクション接続インターフェース417, 418を有し、エッジノード419は、コネクション接続インターフェース421, 422を有している。

また、コアノード423は、コネクション接続インターフェース424～428を有し、コアノード429は、コネクション接続インターフェース430～434を有し、コアノード435は、コネ

クション接続インターフェース436～440を有している。

[0166] エッジノード407と波長交換機402との間にはコネクション型ネットワークの伝送リンクとして伝送リンク441が配置され、コアノード423と波長交換機402との間には伝送リンク442が配置され、波長交換機402と403との間には伝送リンク443が配置され、コアノード429と波長交換機403との間には伝送リンク444が配置され、波長交換機403と404との間には伝送リンク445が配置され、コアノード435と波長交換機404との間には伝送リンク446が配置され、エッジノード411と波長交換機404との間には伝送リンク447が配置され、エッジノード415と波長交換機405との間には伝送リンク448が配置され、波長交換機402と405との間には伝送リンク449が配置され、波長交換機404と406との間には伝送リンク450が配置され、エッジノード419と波長交換機406との間には伝送リンク451が配置され、コネクションとして波長パスが配置されている。

[0167] 本実施の形態では、図21に示すように、エッジノード407とコアノード423との間にデフォルト波長パスとして波長パス452が設定され、エッジノード415とコアノード423との間に波長パス453が設定され、コアノード423と429との間に波長パス454が設定され、コアノード429と435との間に波長パス455が設定され、エッジノード419とコアノード435との間に波長パス456が設定され、エッジノード411とコアノード435との間に波長パス457が設定されているものとする。

[0168] 波長パス452は、エッジノード407のコネクション接続インターフェース409を用い、またコアノード423のコネクション接続インターフェース425を用いる。波長パス453は、エッジノード415のコネクション接続インターフェース417を用い、コアノード423のコネクション接続インターフェース426を用いる。波長パス454は、コアノード423のコネクション接続インターフェース428を用い、コアノード429のコネクション接続インターフェース430を用いる。波長パス455は、コアノード429のコネクション接続インターフェース434を用い、コアノード435のコネクション接続インターフェース436を用いる。波長パス456は、エッジノード419のコネクション接続インターフェース421を用い、コアノード435のコネクション接続インターフェース438を用いる。波長パス457は、エッジノード411のコネクション接続インターフェース413を用い、コアノード435のコネクション接続インターフェース430を用いる。

エース439を用いる。

[0169] 一方、コネクションレス型パケット転送ネットワークであるIPv6ネットワーク476は、IPv6パケット転送ノードであるコアノード423, 429, 435と、IPv6パケット通信端末であるエッジノード407, 411, 415, 419とから構成されている。

[0170] また、ユーザネットワークであるIPv4ネットワーク477は、IPv4中継ノードとなるエッジノード407, 411, 415, 419と、IPv4ユーザ端末となるユーザ端末460～467とから構成されている。

エッジノード407とユーザ端末460, 461との間はそれぞれアクセスリンク468, 469によって接続され、エッジノード411とユーザ端末462, 463との間はそれぞれアクセスリンク470, 471によって接続され、エッジノード415とユーザ端末464, 465との間はそれぞれアクセスリンク472, 473によって接続され、エッジノード419とユーザ端末466, 467との間はそれぞれアクセスリンク474, 475によって接続されている。

[0171] このネットワークモデルでは、エッジノード407, 411, 415, 419はそれぞれ転送機能部408, 412, 416, 420を有し、これらの転送機能部408, 412, 416, 420がそれぞれユーザ端末を収容する。例えば、エッジノード407配下のユーザ端末460, 461は、転送機能部408を介して他のエッジノード配下のユーザ端末とIPv4パケットを交換する。

[0172] ユーザ端末からのIPv4パケットは、アクセスリンクを介してエッジノードに届けられる。エッジノードは、ユーザ端末から送信されたIPv4パケットを転送機能部に送り、転送機能部でIPv4パケットをIPv6パケットにカプセル化し、生成したIPv6パケットを波長パスを介してコアノードあるいは着側のエッジノードに転送する。

[0173] コアノードは、ある波長パスから受信したIPv6パケットのヘッダを確認し、受信したIPv6パケットをIPv6転送テーブルに従って別の波長パスへ送出する。

着側のエッジノードは、受信したIPv6パケットからIPv4パケットを抽出し、このIPv4パケットのヘッダを確認して、アクセスリンクを介して宛先のユーザ端末へ転送する。

[0174] 本実施の形態において、輻輳が懸念されるコアノードを経由せずに設定される波長パスを、カットスルー光パスと称する。本実施の形態の目的は、ネットワーク規模に対しエッジノードのコネクション接続インターフェースの数が少ない場合においても、カ

ットスルー光パス数を減らすことなく設定し、輻輳が懸念されるコアノードを経由するIPv6パケットをカットスルー光パスで転送させることである。

[0175] このような設定を可能にするために、本実施の形態では、図20のネットワークモデル(転送面)に対して、図22のネットワークモデルを適用する。図22は、本実施の形態のネットワークモデルをコネクション設定という観点から見た構成である。以下、このようにコネクション設定という観点から見たネットワークモデルを制御面と呼ぶ。

[0176] このネットワークモデル(制御面)は、管理ネットワーク501を介して、トラヒック制御装置502(第1実施例のネットワーク制御サーバに相当)が、波長交換機402～406、コアノード423, 429, 435およびエッジノード407, 411, 415, 419と接続されている。

[0177] ここで、波長交換機402～406にはそれぞれ波長交換テーブル515～519が内蔵され、コアノード423, 429, 435にはそれぞれIPv6転送テーブル520～522が内蔵され、エッジノード407, 411, 415, 419にはそれぞれIPv6転送テーブル523～526、IPv4転送テーブル527～530が内蔵されている。

[0178] 波長交換機402～406の波長交換テーブル515～519は、波長交換機402～406の入力インターフェース番号と入力波長と出力インターフェース番号と出力波長とを対応付けたものである。コアノード423, 429, 435のIPv6転送テーブル520～522は、入力IPv6パケットの宛先IPアドレスと出力インターフェース番号とを対応付けたものである。エッジノード407, 411, 415, 419のIPv6転送テーブル523～526は、入力IPv4パケットの宛先IPアドレスとIPv6アドレスと出力インターフェース番号とを対応付けたものであり、IPv4転送テーブル527～530は、入力IPv4パケットの宛先IPアドレスと出力インターフェース番号とを対応付けたものである。トラヒック制御装置502は、管理ネットワーク501を介して、これらのテーブルを書き換えることができる。

[0179] このテーブルの書き換えは、トラヒック制御装置502の図23に示すような構成によって実現される。図23のように、トラヒック制御装置502は、統計情報収集部601と、統計情報管理部602と、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604と、波長交換機制御部606と、エッジノード制御部607と、コアノード制御部608とから構成される。

[0180] 各エッジノード407, 411, 415, 419は、送受信したIPv6パケットについて、帯域および優先度からなる統計情報を、送信元IPv6アドレスと宛先IPv6アドレスの対で規定されるフロー毎に記録する手段と、記録した統計情報をトラヒック制御装置502に通知する手段とを有する。例えばエッジノード407, 411, 415, 419は、トラヒック制御装置502から通知間隔の設定を受け、この通知間隔毎に統計情報の記録と通知を行う。

[0181] トラヒック制御装置502の統計情報収集部601は、エッジノード407, 411, 415, 419から統計情報を収集し、収集した情報を統計情報管理部602へ送信する。統計情報管理部602は、エッジノード407, 411, 415, 419から収集された情報を解析してIPv6フロー統計情報リストを作成・更新する。IPv6フロー統計情報リストの各エントリは、送信元IPv6アドレス、宛先IPv6アドレス、IPv6フローの優先度、IPv6フローの帯域で構成される。IPv6フロー統計情報リストは、IPv6フロー割り当て／波長パスルーチング計算設定部604へ送付される。

[0182] IPv6フロー割り当て／波長パスルーチング計算設定部604は、まずIPv6フロー統計情報リストを優先度が高い順にソートし、かつ同一優先度のフローについては帯域が広い順にソートする。そして、IPv6フロー割り当て／波長パスルーチング計算設定部604は、ソートしたIPv6フロー統計情報リストに登録されているフローに対してこのフローの送信元エッジノードと宛先エッジノードとの間に波長パス(コネクション)を設定すると仮定して波長パスの候補を割り当てるなどを、IPv6フロー統計情報リストの最上位から順に全てのフローについて行い、波長パス候補リスト(コネクション候補リスト)を作成する。波長パス候補リストは、フローの送信元エッジノードと宛先エッジノードとフローの優先度とフローの帯域とを対応付けたものである。

[0183] 例えば、エッジノード407の転送機能部408のIPv6アドレスを「IPv6 # A」、エッジノード411の転送機能部412のIPv6アドレスを「IPv6 # B」、エッジノード415の転送機能部416のIPv6アドレスを「IPv6 # C」、エッジノード419の転送機能部420のIPアドレスを「IPv6 # D」とすると、IPv6フロー統計情報リストにおいて、送信元IPv6アドレスが「IPv6 # A」で宛先IPv6アドレスが「IPv6 # B」のフローは、送信元エッジノードが407で宛先エッジノードが412の波長パスに割り当てられる。

[0184] 次に、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、波長パス候補リストを優先度が高い順にソートし、かつ同一優先度の波長パス候補については優先度毎に帯域が広い順にソートする。続いて、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、ソートした波長パス候補リストから波長パス候補を抽出して、この波長パス候補についてエッジノードのコネクション接続インターフェースの予約を行う。このような予約を波長パス候補リストの最上位から順に全ての波長パス候補について行う。そして、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、波長パス候補リストにおいて前記予約が可能な波長パス候補を設定すべき波長パス(波長パス解)と見なして波長パス解リストに加える。

[0185] 次に、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、波長パス解リストの最上位の波長パスを送信元エッジノードと宛先エッジノードとの間に設定する場合のフォトニックネットワーク401における経路を計算し、計算した経路上にある伝送リンクにおいて前記波長パス解リストの最上位の波長パスを伝送する際に必要となる伝送リソースを確保できるかどうかを判定する。

[0186] IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、伝送リソースを確保できると判断した場合、前記波長パス解リストの最上位の波長パスを設定するよう波長交換機402～406の交換機能を制御し、前記波長パス解リストの最上位の波長パスに割り当てられたフローがこの波長パスを使って送信されるようにフローの送信元のエッジノードの送信機能を制御する。さらに、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、前記波長パス解リストの最上位の波長パスに割り当てられたフローがこの波長パスを使って宛先エッジノードへ転送されるようにコアノードの転送機能を制御し、前記最上位の波長パスを波長パス解リストから削除する。

[0187] IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、以上のようなIPv6フロー統計情報リストのソートからコアノードの制御までを波長パス解リストが空になるまで繰り返し行う。

なお、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、計算した経路上にある伝送リンクにおいて波長パスを伝送する際に必要となる伝送リソースを確保できないと判断した場合、前記最上位の波長パスを波長パス解リストから除いて波

長パス候補リストに加える。

[0188] 以上のような制御により、IPv6ネットワーク476上のIPv6フローを、優先度と帯域とを考慮して、フォトニックネットワーク401上の波長パスに対する最適な割り当てを計算し、かつフォトニックネットワーク401上の波長パスの最適なルーティングを計算する。

[0189] ここで、図24を用いてカットスルー光パスを設定しない例を説明する。図24の例では、カットスルー光パスが設定されないため、エッジノード間のIPv6経路は全て直近のコアノードからコアノードをホップして転送される。例えば、エッジノード407からエッジノード411へ向かうIPv6経路458は、波長パス452を通ってコアノード423をホップし、波長パス454を通ってコアノード429をホップし、波長パス455を通ってコアノード435をホップし、波長パス457を通ってエッジノード411に達するように設定されている。前述のように、波長パス452はエッジノード407のコネクション接続インターフェース409を用い、波長パス457はエッジノード411のコネクション接続インターフェース413を用いる。

[0190] 一方、エッジノード407からエッジノード419へ向かうIPv6経路459は、波長パス452を通ってコアノード423をホップし、波長パス454を通ってコアノード429をホップし、波長パス455を通ってコアノード435をホップし、波長パス456を通ってエッジノード419に達するように設定されている。前述のように、波長パス456はエッジノード419のコネクション接続インターフェース421を用いる。

[0191] ここで、コアノード429が輻輳しているため、IPv6経路はコアノード429を迂回しなければならないと仮定する。このような仮定に基づき、従来の技術でカットスルー光パスを設定した例を図25に示す。従来の技術は、エッジノード間にカットスルー光パスを設定する。図25において、従来の技術を用いて、まず、IPv6経路459をカットスルー光パスに通すため、エッジノード407のコネクション接続インターフェース410とエッジノード419のコネクション接続インターフェース422とを波長パス478で接続する。そして、IPv6経路459を、波長パス478に通す。

[0192] 続いて、IPv6経路458をカットスルー光パスに通すため、エッジノード407とエッジノード411との間にカットスルー光パスを設定しようとするが、エッジノード407のコネ

クション接続インターフェースがすべて使用されているため、カットスルー光パスを設定できず、IPv6経路458はコアノード429を経由したままになる。このため、コアノード429の輻輳を完全に回避することはできない。

[0193] 次に、本実施の形態の技術でカットスルー光パスを設定した例を図26に示す。本実施の形態では、エッジノードとコアノード間にカットスルー光パスを設定する。

トラヒック制御装置502のIPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、前述のように波長パスを設定する際、この波長パスに割り当てられたフローの宛先エッジノードとコアノードとの間に配置された波長交換機の数が最小となるコアノードを波長パスの設定対象として選択する(すなわち、宛先エッジノードの直近のコアノードを選択する)。

[0194] 続いて、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、波長交換機制御部606を介して波長交換機402～406の波長交換テーブル515～519を設定して、フローの送信元エッジノードと前記設定対象のコアノードとの間に波長パス(第1のコネクション)を設定すると共に、前記設定対象のコアノードとフローの宛先エッジノードとの間に波長パス(第2のコネクション)を設定する。

[0195] また、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、エッジノード制御部607を介してエッジノード407, 411, 415, 419のIPv6転送テーブル523～526を設定し、前記波長パスに割り当てられたフローが送信元エッジノードと前記設定対象のコアノードとの間に設定された波長パスを使って送信されるように送信元エッジノードの送信機能を制御する。

[0196] さらに、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、コアノード制御部608を介して前記設定対象のコアノードのIPv6転送テーブルを設定し、前記波長パスに割り当てられたフローが前記設定対象のコアノードと宛先エッジノードとの間に設定された波長パスへ転送されるように前記設定対象のコアノードの転送機能を制御する。

[0197] 図26の例では、まずIPv6経路459をカットスルー光パスに通すため、宛先エッジノード419の直近のコアノード435を設定対象のコアノードとして選択し、トラヒック制御装置502により波長交換機402～404の波長交換テーブル515～517を書き換えて

、送信元エッジノード407のコネクション接続インターフェース410とコアノード435のコネクション接続インターフェース437とを波長パス479で接続する。コアノード435と宛先エッジノード419との間には、波長パス456が既に設定されているので、波長パスを新たに設定する必要はない。

[0198] 続いて、トラヒック制御装置502によりエッジノード407のIPv6転送テーブル523とコアノード435のIPv6転送テーブル522とエッジノード419のIPv6転送テーブル526とを書き換えて、IPv6経路459を波長パス479、コアノード435、波長パス456を経由して通す。こうして、送信元のエッジノード407は、エッジノード419宛のパケットをIPv6転送テーブル523に従って、コアノード435に接続された波長パス479に送信し、コアノード435は、受信したパケットの宛先IPv6アドレスを調べ、IPv6転送テーブル522に従って、宛先エッジノード419に接続された波長パス456にパケットを転送し、宛先エッジノード419は、パケットを受信する。

[0199] 次に、IPv6経路458をカットスルー光パスに通すことを考える。この場合、宛先エッジノード411の直近のコアノード435を設定対象のコアノードとして選択する。送信元エッジノード407とコアノード435との間には既に波長パス479が設定されており、コアノード435と宛先エッジノード411との間にも既に波長パス457が設定されているので、波長パスを新たに設定する必要はない。

[0200] トラヒック制御装置502は、コアノード435のIPv6転送テーブル522を書き換えて、IPv6経路458を波長パス479、コアノード435、波長パス457を経出して通す。こうして、送信元エッジノード407は、エッジノード411宛のパケットをIPv6転送テーブル523に従って、コアノード435に接続された波長パス479に送信し、コアノード435は、受信したパケットの宛先IPv6アドレスを調べ、IPv6転送テーブル522に従って、宛先エッジノード411に接続された波長パス457にパケットを転送し、宛先エッジノード411は、パケットを受信する。

[0201] 以上のような制御により、IPv6経路458、459を、宛先エッジノードの直近のコアノードを経由したカットスルー光パスに通すことで、エッジノードのコネクション接続インターフェースが少ない場合でも、輻輳しているコアノード429を回避するよう設定することができる。

[0202] 本実施の形態では、通常、コアノード(電気Pルータ)がエッジノード(PEルータ)よりも多くのコネクション接続インターフェースを持つことをを利用して、カットスルー光パスを送信元エッジノードと宛先エッジノードの直近のコアノードとの間に設定することにより、カットスルー光パスの数を増加させ、輻輳するコアノードを最小限に抑えることができる。このような技術により、コネクションレス型パケット転送ネットワークのエッジノード数が増加したにも関わらず、エッジノードに実装されたコネクション接続インターフェースの数が少ないような場合でも、コアノードが輻輳しないように設定するカットスルー光パスの数を増加させることができ、コアノードの輻輳を回避することができる。したがって、大規模なコネクションレス型パケット転送ネットワークの通信品質を経済的に向上させ、転送容量を経済的に拡大することができる。

[0203] なお、エッジノード411のコネクション接続インターフェース414やコアノード435のコネクション接続インターフェース440が使用されていないため、トラヒック制御装置502により波長交換機404の波長交換テーブル517を書き換えて、コネクション接続インターフェース414とコネクション接続インターフェース440とを用いる新たな波長パスをコアノード435とエッジノード411との間に設定し、波長パス457の負荷を軽減することも可能である。

[0204] [第7実施例]

次に、本発明の第7実施例について説明する。本実施の形態においても、ネットワークモデルの構成は第6実施例と同様であるので、図20～図23の符号を用いて説明する。第6実施例では、宛先エッジノードの直近のコアノードのみを波長パスの設定対象としたが、送信元エッジノードの直近のコアノードについても波長パスの設定対象とすることができる。

[0205] 本実施の形態のコネクション設定の様子を図27に示す。図27は図20のネットワークモデルを簡略化したものである。トラヒック制御装置502のIPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、前述のように波長パスを設定する際、この波長パスに割り当てられたフローの送信元エッジノードとコアノードとの間に配置された波長交換機の数が最小となるコアノードを波長パスの設定対象N1(第1の設定対象)として選択する。また、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604

は、第6実施例と同様に、宛先エッジノードの直近のコアノードを波長パスの設定対象N2(第2の設定対象)として選択する。

- [0206] 続いて、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、波長交換機制御部606を介して波長交換機402～406の波長交換テーブル515～519を設定して、設定対象N1のコアノードと設定対象N2のコアノードとの間に波長パスP1(第1のコネクション)を設定し、送信元エッジノードと設定対象N1のコアノードとの間に波長パスP2(第2のコネクション)を設定し、設定対象N2のコアノードと宛先エッジノードとの間に波長パスP3(第3のコネクション)を設定する。
- [0207] 次に、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、エッジノード制御部607を介してエッジノード407, 411, 415, 419のIPv6転送テーブル523～526を設定し、前記波長パスに割り当てられたフローが送信元エッジノードと設定対象N1のコアノードとの間に設定された波長パスP2を使って送信されるように送信元エッジノードの送信機能を制御する。
- [0208] また、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、コアノード制御部608を介して設定対象N1のコアノードのIPv6転送テーブルを設定し、前記波長パスに割り当てられたフローが設定対象N1のコアノードと設定対象N2のコアノードとの間に設定された波長パスP1へ転送されるように設定対象N1のコアノードの転送機能を制御する。
- [0209] さらに、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、コアノード制御部608を介して設定対象N2のコアノードのIPv6転送テーブルを設定し、前記波長パスに割り当てられたフローが設定対象N2のコアノードと宛先エッジノードとの間に設定された波長パスP3へ転送されるように設定対象N2のコアノードの転送機能を制御する。
- [0210] 以上のような波長パスの設定と送信元エッジノードおよびコアノードに対する制御により、送信元エッジノードは、IPv6転送テーブルに従って、設定対象N1のコアノードに接続された波長パスP2にパケットを送信し、設定対象N1のコアノードは、受信したパケットの宛先IPv6アドレスを調べ、IPv6転送テーブルに従って、設定対象N2のコアノードに接続された波長パスP1にパケットを転送し、設定対象N2のコアノードは、

受信したパケットの宛先IPv6アドレスを調べ、IPv6転送テーブルに従って、宛先エッジノードに接続された波長パスP3にパケットを転送し、宛先エッジノードは、パケットを受信する。

[0211] 本実施の形態は、第6実施例に比べてエッジノードの台数が増えネットワーク規模が大きくなったものの、エッジノードが持つコネクション接続インターフェースの数は増えていないようなネットワークに適しており、具体的な手段としては、送信元エッジノードの直近のコアノードと宛先エッジノードの直近のコアノードとをカットスルー光パスP1の両端とするため、カットスルー光パスが利用可能なコネクション接続インターフェースの数を増加させることができる。その結果、カットスルー光パスの数を増加させることができ、カットスルー光パスを設定しなければIPv6パケットが経由したであろうコアノードの輻輳を回避することができる。

[0212] [第8実施例]

次に、本発明の第8実施例について説明する。本実施の形態においても、ネットワークモデルの構成は第6実施例と同様であるので、図20～図23の符号を用いて説明する。第7実施例では、送信元エッジノードの直近のコアノードと宛先エッジノードの直近のコアノードとをコネクションで直接接続していたが、これらのコアノード間に別のコアノードが存在してもよい。

[0213] 本実施の形態のコネクション設定の様子を図28に示す。図28は図20のネットワークモデルを簡略化したものである。トラヒック制御装置502のIPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、前述のように波長パスを設定する際、この波長パスに割り当てられたフローの送信元エッジノードが所属するエリアA1のコアノードを波長パスの設定対象N11(第1の設定対象)として選択し、フローの宛先エッジノードが所属するエリアA2のコアノードを波長パスの設定対象N12(第2の設定対象)として選択する。

[0214] また、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、第7実施例と同様に、送信元エッジノードの直近のコアノードを波長パスの設定対象N13(第3の設定対象)として選択し、宛先エッジノードの直近のコアノードを波長パスの設定対象N14(第4の設定対象)として選択する。

[0215] 続いて、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、波長交換機制御部606を介して波長交換機402～406の波長交換テーブル515～519を設定して、設定対象N11のコアノードと設定対象N12のコアノードとの間に波長パスP11(第1のコネクション)を設定し、送信元エッジノードと設定対象N13のコアノードとの間に波長パスP12(第2のコネクション)を設定し、設定対象N13のコアノードと設定対象N11のコアノードとの間に波長パスP13(第3のコネクション)を設定し、設定対象N14のコアノードと宛先エッジノードとの間に波長パスP14(第4のコネクション)を設定し、設定対象N12のコアノードと設定対象N14のコアノードとの間に波長パスP14(第5のコネクション)を設定する。

[0216] 次に、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、エッジノード制御部607を介してエッジノード407, 411, 415, 419のIPv6転送テーブル523～526を設定し、前記波長パスに割り当てられたフローが送信元エッジノードと設定対象N13のコアノードとの間に設定された波長パスP12を使って送信されるように送信元エッジノードの送信機能を制御する。

[0217] また、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、コアノード制御部608を介して設定対象N13のコアノードのIPv6転送テーブルを設定し、前記波長パスに割り当てられたフローが設定対象N13のコアノードと設定対象N11のコアノードとの間に設定された波長パスP13へ転送されるように設定対象N13のコアノードの転送機能を制御する。

[0218] また、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、コアノード制御部608を介して設定対象N11のコアノードのIPv6転送テーブルを設定し、前記波長パスに割り当てられたフローが設定対象N11のコアノードと設定対象N12のコアノードとの間に設定された波長パスP11へ転送されるように設定対象N11のコアノードの転送機能を制御する。

[0219] また、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、コアノード制御部608を介して設定対象N12のコアノードのIPv6転送テーブルを設定し、前記波長パスに割り当てられたフローが設定対象N12のコアノードと設定対象N14のコアノードとの間に設定された波長パスP15へ転送されるように設定対象N12のコアノード

の転送機能を制御する。

- [0220] さらに、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、コアノード制御部608を介して設定対象N14のコアノードのIPv6転送テーブルを設定し、前記波長パスに割り当てられたフローが設定対象N14のコアノードと宛先エッジノードとの間に設定された波長パスP14へ転送されるように設定対象N14のコアノードの転送機能を制御する。
- [0221] 以上のような波長パスの設定と送信元エッジノードおよびコアノードに対する制御により、送信元エッジノードは、IPv6転送テーブルに従って、設定対象N13のコアノードに接続された波長パスP12にパケットを送信し、設定対象N13のコアノードは、受信したパケットの宛先IPv6アドレスを調べ、IPv6転送テーブルに従って、設定対象N11のコアノードに接続された波長パスP13にパケットを転送し、設定対象N11のコアノードは、受信したパケットの宛先IPv6アドレスを調べ、IPv6転送テーブルに従って、設定対象N12のコアノードに接続された波長パスP11にパケットを転送する。
- [0222] そして、設定対象N12のコアノードは、受信したパケットの宛先IPv6アドレスを調べ、IPv6転送テーブルに従って、設定対象N14のコアノードに接続された波長パスP15にパケットを転送し、設定対象N14のコアノードは、受信したパケットの宛先IPv6アドレスを調べ、IPv6転送テーブルに従って、宛先エッジノードに接続された波長パスP14にパケットを転送し、宛先エッジノードは、パケットを受信する。
- [0223] 本実施の形態は、第6実施例、第7実施例に比べてエッジノードの台数がさらに増えネットワーク規模が大きくなったものの、エッジノードが持つコネクション接続インターフェースの数は増えていないようなネットワークに適しており、具体的な手段としては、ネットワークをエッジノードとコアノードとからなるエリアに論理的に分割し、エリア内でIPv6ルーティングをした後に、各エリアのコアノード間にカットスルー光パスを設定するため、エリア間に複数のカットスルー光パスを設定でき、カットスルー光パスが利用可能なコネクション接続インターフェース数をさらに増加させることができる。設定可能なカットスルー光パスの数は、論理的にはエリアに存在するコアノードの数×コアノードが持つコネクション接続インターフェースの数である。その結果、カットスルー光パスの数を増加させることができ、カットスルー光パスを設定しなければIPv6パケットが経由し

たであろうコアノードの輻輳を回避することができる。

[0224] [第9実施例]

第8実施例では、図28に示すように、設定対象N13のコアノードと設定対象N11のコアノードとの間をコネクションで直接接続し、同様に設定対象N14のコアノードと設定対象N12のコアノードとの間をコネクションで直接接続していたが、同一エリアに所属するコアノード間を少なくとも1台のコアノードとコネクションを経由して接続するようにもよい。

[0225] 図29は、本実施の形態のコネクション設定の様子を示す図であり、図28と同一の構成には同一の符号を付してある。図29の例では、エリアA1に所属する設定対象N13のコアノードと設定対象N11のコアノードとの間を複数のコアノードN15とコネクションを経由して接続し、またエリアA2に所属する設定対象N14のコアノードと設定対象N12のコアノードとの間を複数のコアノードN16とコネクションを経由して接続している。

[0226] [第10実施例]

第6実施例ー第9実施例において、各コアノードは、送受信したパケットについて送信元アドレスと宛先アドレスの対で規定されるフロー毎にフローの帯域を統計情報として記録し、記録した統計情報をトラヒック制御装置502に通知するようにしてよい。例えばコアノードは、トラヒック制御装置502から通知間隔の設定を受け、この通知間隔毎に統計情報の記録と通知を行う。

[0227] トラヒック制御装置502の統計情報収集部601は、コアノードから統計情報を収集し、収集した情報を統計情報管理部602へ送信する。統計情報管理部602は、コアノードから収集された情報を解析してフローリストを作成・更新する。このフローリストの各エントリは、送信元IPv6アドレス、宛先IPv6アドレス、IPv6フローの帯域で構成される。フローリストは、IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604へ送付される。

[0228] IPv6フロー割り当て／波長パスルーティング計算設定部604は、第6実施例で説明した方法により設定すべき波長パスを決定して、この波長パスを設定するとき、通過するフローの帯域の合計値が所定のしきい値を超過しているコアノードをフローリスト

により検出した場合は、このコアノードを経由しないように波長パスを設定する。

本実施の形態では、帯域のしきい値を設定することで、トラヒック状況に応じて積極的に輻輳を回避するようにコネクションを設定することが可能となる。

### 産業上の利用可能性

[0229] 本発明は、パケット転送ネットワークシステムに適用することができる。

## 請求の範囲

[1] ネットワークに接続され、カプセル化された上位レイヤパケットを含む下位レイヤフレームを転送する複数のパケット転送装置と、前記ネットワークを介して前記パケット転送装置間の下位レイヤフレームの転送を仲介する少なくとも1つのフレーム転送装置と、前記パケット転送装置および前記フレーム転送装置とに接続され、前記パケット転送装置および前記フレーム転送装置に指示を与えることにより、前記ネットワーク中の下位レイヤフレームの通信経路を制御するネットワーク制御サーバとを用いるパケット通信方法において、

前記パケット転送装置は、

受信した下位レイヤフレームから下位レイヤの送信元アドレスと宛先アドレスとからなる下位レイヤアドレス対を抽出する抽出手順と、

受信した下位レイヤフレームの送出先を対応する前記宛先アドレスごとに第1のテーブルに登録する第1の登録手順と、

前記抽出手順で抽出した下位レイヤアドレス対の数量を、下位レイヤアドレス対の種類ごとにカウントする第1のカウンタ手順と、

この第1のカウンタ手順により所定時間内に所定のしきい値を超えてカウントされた下位レイヤアドレス対を表す第1の情報を、前記フレーム転送装置に送信する第1の送信手順とを備え、

前記フレーム転送装置は、

受信した下位レイヤフレームの転送先を、この下位レイヤフレームに含まれる宛先アドレスごとに第2のテーブルに登録する第2の登録手順と、

転送した下位レイヤフレームの数量を、前記パケット転送装置から受信した前記第1の情報に含まれる下位レイヤアドレス対の種類ごとにカウントする第2のカウンタ手順と、

この第2のカウンタ手順により所定時間内に所定のしきい値を超えてカウントされた下位レイヤアドレス対に関する第2の情報を前記ネットワーク制御サーバに送信する第2の送信手順とを備え、

前記ネットワーク制御サーバは、

前記第2の情報を受信すると、この第2の情報から前記送信元アドレスおよび前記宛先アドレスを抽出し、前記送信元アドレスと前記宛先アドレスとの間の前記ネットワーク中の通信経路を最適化する計算を行う計算手順と、

この計算結果に基づいて、前記第1のテーブルおよび前記第2のテーブルに登録された下位レイヤフレームの送出先を登録変更する変更手順とを備えることを特徴とするパケット通信方法。

[2] ネットワークに接続され、カプセル化された上位レイヤパケットを含む下位レイヤフレームを転送する複数のパケット転送装置と、前記ネットワークを介して前記パケット転送装置間の下位レイヤフレームの転送を仲介する少なくとも1つのフレーム転送装置と、前記パケット転送装置および前記フレーム転送装置とに接続され、前記パケット転送装置および前記フレーム転送装置に指示を与えることにより、前記ネットワーク中の下位レイヤフレームの通信経路を制御するネットワーク制御サーバとを用いるパケット通信方法において、

前記パケット転送装置は、

受信した下位レイヤフレームから下位レイヤの送信元アドレスと宛先アドレスとからなる下位レイヤアドレス対を抽出する抽出手順と、

前記抽出手順で抽出した下位レイヤアドレス対の数量を、下位レイヤアドレス対の種類ごとにカウントするカウンタ手順と、

このカウンタ手順により所定時間内に所定のしきい値を超えてカウントされた下位レイヤアドレス対を表す第1の情報を、前記フレーム転送装置に送信する送信手順とを備えることを特徴とするパケット通信方法。

[3] 請求項2記載のパケット通信方法において、

前記送信手順は、

前記フレーム転送装置に前記第1の情報を送信する場合、前記第1の情報に含まれる前記下位レイヤアドレス対の送信元アドレスに対して、前記フレーム情報に含まれる前記宛先アドレスと、この宛先アドレスに対応する上位レイヤの宛先アドレスとにに関する情報を送信することを特徴とするパケット通信方法。

[4] ネットワークに接続され、カプセル化された上位レイヤパケットを含む下位レイヤフ

レームを転送する複数のパケット転送装置と、前記ネットワークを介して前記パケット転送装置間の下位レイヤフレームの転送を仲介する少なくとも1つのフレーム転送装置と、前記パケット転送装置および前記フレーム転送装置とに接続され、前記パケット転送装置および前記フレーム転送装置に指示を与えることにより、前記ネットワーク中の下位レイヤフレームの通信経路を制御するネットワーク制御サーバとを用いるパケット通信方法において、

前記フレーム転送装置は、

転送した下位レイヤフレームの数量を、前記パケット転送装置からカウントするよう指示された下位レイヤアドレス対の種類ごとにカウントするカウンタ手順と、

このカウンタ手順により所定時間内に所定のしきい値を超えてカウントされた下位レイヤアドレス対を表す第2の情報を前記ネットワーク制御サーバに送信する送信手順とを備えることを特徴とするパケット通信方法。

[5] 請求項4記載のパケット通信方法において、

さらに、所定時間内にカウント値が増加しない任意の下位レイヤアドレス対のエントリを前記カウントから削除するカウント処理手順を備えることを特徴とするパケット通信方法。

[6] ネットワークに接続され、カプセル化された上位レイヤパケットを含む下位レイヤフレームを転送する複数のパケット転送装置と、前記ネットワークを介して前記パケット転送装置間の下位レイヤフレームの転送を仲介する少なくとも1つのフレーム転送装置と、前記パケット転送装置および前記フレーム転送装置とに接続され、前記パケット転送装置および前記フレーム転送装置に指示を与えることにより、前記ネットワーク中の下位レイヤフレームの通信経路を制御するネットワーク制御サーバとを用いるパケット通信方法において、

前記ネットワーク制御サーバは、

前記フレーム転送装置から任意の送信元アドレスおよび宛先アドレスを表す第2の情報を受信すると、前記送信元アドレスと前記宛先アドレスとの間の前記ネットワーク中の通信経路を最適化する計算を行う計算手順と、

前記計算結果に基づき、前記送信元アドレスと前記宛先アドレスとの間に含まれる

前記パケット転送装置および前記フレーム転送装置に、下位レイヤフレームの送出先の変更する指示をだす変更手順とを備えることを特徴とするパケット通信方法。

[7] 請求項1記載のパケット通信方法において、

コネクションの多重伝送機能を有する伝送リンクとコネクションの交換機能を有するコネクション交換ノードとを備えたコネクション型ネットワークに対して、端末機能部として前記フレーム転送装置となるコネクションレス型パケット転送ノードと、前記パケット転送装置となるコネクションレス型パケット通信端末とを付加することにより、前記コネクション型ネットワーク上に論理的に構築されたコネクションレス型パケット転送ネットワークにおいて、このコネクションレス型パケット転送ネットワークのトラヒック帯域およびトラヒック優先度に応じたコネクション配置を行う際に、

前記コネクションレス型パケット通信端末において送受信したパケットについて優先度および帯域からなる統計情報を送信元アドレスと宛先アドレスの対で規定されるフロー毎に記録し、記録した統計情報を、前記ネットワーク制御サーバとなるトラヒック制御装置に通知する通知手順と、

前記トラヒック制御装置において前記コネクションレス型パケット通信端末から通知された統計情報に基づき、送信元アドレスと宛先アドレスと優先度と帯域の情報を前記フロー毎に登録したフローリストを作成するフローリスト作成手順とを備えることを特徴とするパケット通信方法。

[8] 請求項7記載のパケット通信方法において、

前記フローリストを優先度が高い順にソートし、かつ同一優先度のフローについては帯域が広い順にソートするフローリストソート手順と、

前記ソートされたフローリストに登録されているフローに対してこのフローの送信元コネクションレス型パケット通信端末と宛先コネクションレス型パケット通信端末との間にコネクションを設定すると仮定してコネクションの候補を割り当てるなどを、前記フローリストの最上位から順に全てのフローについて行い、コネクション候補リストを作成するコネクション候補リスト作成手順とを備えることを特徴とするパケット通信方法。

[9] 請求項7記載のパケット通信方法において、

前記コネクション候補リスト作成手順は、送信元コネクションレス型パケット通信端末

が同一で、かつ宛先コネクションレス型パケット通信端末も同一の同一優先度の1つ以上のフローをその帯域の合計値がコネクション候補の容量を超えない範囲で同一のコネクション候補に割り当て、割り当てたフローの優先度と帯域の合計値に基づきコネクション候補の優先度と帯域とを決定して前記コネクション候補リストを作成することを特徴とするパケット通信方法。

[10] 請求項8記載のパケット通信方法において、

前記コネクション候補リストを優先度が高い順にソートし、かつ同一優先度のコネクション候補については帯域が広い順にソートするコネクション候補リストソート手順と、前記ソートされたコネクション候補リストに含まれるコネクション候補について前記コネクションレス型パケット通信端末のコネクション接続インターフェースの予約を行うことを、前記ソートされたコネクション候補リストの最上位から順に全てのコネクション候補について行う予約手順とを備えることを特徴とするパケット通信方法。

[11] 請求項10記載のパケット通信方法において、

設定すべきコネクションを登録したコネクション解リストから設定の必要がなくなったコネクションを前記コネクション候補リストソート手順によってソートされたコネクション候補リストに基づいて選択する選択手順と、

前記ソートされたコネクション候補リストのうち前記予約が可能なコネクション候補を処理対象のコネクション候補とし、この処理対象のコネクション候補と前記選択したコネクションの優先度および帯域を比較する比較手順と、

前記選択したコネクションよりも前記処理対象のコネクション候補の方が優先度および帯域が大きい場合、前記処理対象のコネクション候補を前記コネクション候補リストから除いて前記コネクション解リストに加え、前記選択したコネクションを前記コネクション解リストから除いて前記コネクション候補リストに加えるコネクション解リスト作成更新手順と、

前記選択したコネクションよりも前記処理対象のコネクション候補の方が優先度および帯域が小さいかあるいは同じである場合、前記処理対象のコネクション候補をタブーコネクションリストに登録するタブーコネクションリスト登録手順とを備え、

前記比較手順は、前記予約が可能なコネクション候補のうち前記タブーコネクショ

シリストに登録されていない最上位のコネクション候補を前記処理対象のコネクション候補とすることを特徴とするパケット通信方法。

[12] 請求項10記載のパケット通信方法において、  
設定すべきコネクションを登録したコネクション解リストから設定の必要がなくなったコネクションを前記コネクション候補リストソート手順によってソートされたコネクション候補リストに基づいて選択する選択手順と、  
前記ソートされたコネクション候補リストのうち前記予約が可能なコネクション候補を処理対象のコネクション候補とし、この処理対象のコネクション候補と前記選択したコネクションの優先度および帯域を比較する比較手順と、  
前記選択したコネクションよりも前記処理対象のコネクション候補の方が優先度および帯域が大きい場合、前記処理対象のコネクション候補を前記コネクション候補リストから除いて前記コネクション解リストに加え、前記選択したコネクションを前記コネクション解リストから除いて前記コネクション候補リストに加えるコネクション解リスト作成更新手順と、  
前記処理対象のコネクション候補を前記比較手順の現在までの実行回数と共にタブーコネクションリストに記録するタブーコネクションリスト登録手順と、  
前記比較手順の現在までの実行回数よりも所定数以上少ない実行回数と共に記録されているコネクション候補を前記タブーコネクションリストから削除するタブーコネクションリスト削除手順とを備え、  
前記比較手順は、前記予約が可能なコネクション候補のうち前記タブーコネクションリストに登録されていない最上位のコネクション候補を前記処理対象のコネクション候補とすることを特徴とするパケット通信方法。

[13] 請求項11記載のパケット通信方法において、  
前記コネクション解リストの最上位のコネクションを送信元のコネクションレス型パケット通信端末と宛先のコネクションレス型パケット通信端末との間に設定する場合の経路を計算する経路計算手順と、  
この計算した経路上にある伝送リンクにおいて前記最上位のコネクションを伝送する際に必要となる伝送リソースを確保できる場合、前記最上位のコネクションを設定

するように前記コネクション交換ノードの交換機能を制御すると共に、前記最上位のコネクションに割り当てられたフローがこのコネクションを使って送信されるようにフローの送信元のコネクションレス型パケット通信端末の送信機能を制御し、前記最上位のコネクションを前記コネクション解リストから除くコネクション設定手順と、

前記伝送リソースを確保できない場合、前記最上位のコネクションを前記コネクション解リストから除いて前記コネクション候補リストに加えるコネクション解リスト削除手順とを備えることを特徴とするパケット通信方法。

[14] 請求項12記載のパケット通信方法において、

前記コネクション解リストの最上位のコネクションを送信元のコネクションレス型パケット通信端末と宛先のコネクションレス型パケット通信端末との間に設定する場合の経路を計算する経路計算手順と、

この計算した経路上にある伝送リンクにおいて前記最上位のコネクションを伝送する際に必要となる伝送リソースを確保できる場合、前記最上位のコネクションを設定するように前記コネクション交換ノードの交換機能を制御すると共に、前記最上位のコネクションに割り当てられたフローがこのコネクションを使って送信されるようにフローの送信元のコネクションレス型パケット通信端末の送信機能を制御し、前記最上位のコネクションを前記コネクション解リストから除くコネクション設定手順と、

前記伝送リソースを確保できない場合、前記最上位のコネクションを前記コネクション解リストから除いて前記コネクション候補リストに加えるコネクション解リスト削除手順とを備えることを特徴とするパケット通信方法。

[15] 請求項13記載のパケット通信方法において、

前記コネクション解リストが空の場合、前記コネクション候補リストに登録されたコネクション候補の何れについても前記コネクション接続インターフェースの予約ができない場合、または前記コネクション解リストに登録されたコネクションの何れについても前記伝送リソースを確保できない場合、前記フローリストソート手順と前記コネクション候補リスト作成手順と前記コネクション候補リストソート手順と前記予約手順と前記選択手順と前記比較手順と前記コネクション解リスト作成更新手順と前記タブーコネクションリスト登録手順と前記経路計算手順と前記コネクション設定手順と前記コネクション

解リスト削除手順の一連の手順、または前記フローリストソート手順と前記コネクション候補リスト作成手順と前記コネクション候補リストソート手順と前記予約手順と前記選択手順と前記比較手順と前記コネクション解リスト作成更新手順と前記タブーコネクションリスト登録手順と前記タブーコネクションリスト削除手順と前記経路計算手順と前記コネクション設定手順と前記コネクション解リスト削除手順の一連の手順を終了することを特徴とするパケット通信方法。

[16] 請求項14記載のパケット通信方法において、

前記コネクション解リストが空の場合、前記コネクション候補リストに登録されたコネクション候補の何れについても前記コネクション接続インターフェースの予約ができない場合、または前記コネクション解リストに登録されたコネクションの何れについても前記伝送リソースを確保できない場合、前記フローリストソート手順と前記コネクション候補リスト作成手順と前記コネクション候補リストソート手順と前記予約手順と前記選択手順と前記比較手順と前記コネクション解リスト作成更新手順と前記タブーコネクションリスト登録手順と前記経路計算手順と前記コネクション設定手順と前記コネクション解リスト削除手順の一連の手順、または前記フローリストソート手順と前記コネクション候補リスト作成手順と前記コネクション候補リストソート手順と前記予約手順と前記選択手順と前記比較手順と前記コネクション解リスト作成更新手順と前記タブーコネクションリスト登録手順と前記タブーコネクションリスト削除手順と前記経路計算手順と前記コネクション設定手順と前記コネクション解リスト削除手順の一連の手順を終了することを特徴とするパケット通信方法。

[17] 請求項7記載のパケット通信方法において、

前記トラヒック制御装置から前記コネクションレス型パケット通信端末に対して前記統計情報の通知間隔を設定する通知間隔設定手順を備え、

前記通知手順は、受信したパケットについて前記フロー毎の統計情報を前記設定された通知間隔毎に記録して前記トラヒック制御装置に通知し、

前記フローリスト作成手順は、前記コネクションレス型パケット通信端末から通知された統計情報に基づいて前記フローリストを更新することを特徴とするパケット通信方法。

[18] 請求項7記載のパケット通信方法において、

前記トラヒック制御装置から前記コネクションレス型パケット通信端末に対して前記フロー毎に帯域のしきい値を設定するしきい値設定手順を備え、

前記通知手順は、受信したパケットについて前記フロー毎の統計情報を記録し、記録したフローの帯域が前記設定されたしきい値を超えた場合はこのしきい値を超えたフローの統計情報を前記トラヒック制御装置に通知し、

前記フローリスト作成手順は、前記コネクションレス型パケット通信端末から通知された統計情報に基づいて前記フローリストを更新することを特徴とするパケット通信方法。

[19] 請求項1記載のパケット通信方法において、

コネクションの多重伝送機能を有する伝送リンクとコネクションの交換機能を有するコネクション交換ノードとを備えたコネクション型ネットワークに対して、端末機能部として前記フレーム転送装置となるコネクションレス型パケット転送ノードと、前記パケット転送装置となるコネクションレス型パケット通信端末とを付加することにより、前記コネクション型ネットワーク上に論理的に構築されたコネクションレス型パケット転送ネットワークにおいて、前記コネクションレス型パケット通信端末間で通信を行う際に、

コネクションレス型パケット転送ノードとパケットを受信する宛先コネクションレス型パケット通信端末との間に配置されたコネクション交換ノードの数が最小となるコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの設定対象として選択する転送ノード選択手順と、

前記ネットワーク制御サーバとなる制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、パケットを送信する送信元コネクションレス型パケット通信端末と前記設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間に第1のコネクションを設定する第1のコネクション設定手順と、

前記制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記宛先コネクションレス型パケット通信端末との間に第2のコネクションを設定する第2のコネクション設定手順とを備えることを特徴とするパケット通信方法。

[20] 請求項19記載のパケット通信方法において、

前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第1のコネクションを使って送信されるように、前記制御装置から前記送信元コネクションレス型パケット通信端末を制御する送信設定手順と、

前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第2のコネクションへ転送されるように、前記制御装置から前記設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードを制御する転送設定手順とを備えることを特徴とするパケット通信方法。

[21] 請求項1記載のパケット通信方法において、

コネクションの多重伝送機能を有する伝送リンクとコネクションの交換機能を有するコネクション交換ノードとを備えたコネクション型ネットワークに対して、端末機能部として前記フレーム転送装置となるコネクションレス型パケット転送ノードと、前記パケット転送装置となるコネクションレス型パケット通信端末とを付加することにより、前記コネクション型ネットワーク上に論理的に構築されたコネクションレス型パケット転送ネットワークにおいて、前記コネクションレス型パケット通信端末間で通信を行う際に、

コネクションレス型パケット転送ノードとパケットを送信する送信元コネクションレス型パケット通信端末との間に配置されたコネクション交換ノードの数が最小となるコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第1の設定対象として選択する第1の転送ノード選択手順と、

コネクションレス型パケット転送ノードとパケットを受信する宛先コネクションレス型パケット通信端末との間に配置されたコネクション交換ノードの数が最小となるコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第2の設定対象として選択する第2の転送ノード選択手順と、

前記ネットワーク制御サーバとなる制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記第1の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記第2の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間に第1のコネクションを設定する第1のコネクション設定手順と、

前記制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記送信元コネクションレス型パケット通信端末と前記第1の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間に第2のコネクションを設定する第2のコネクション設定手順と、

前記制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記第2の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記宛先コネクションレス型パケット通信端末との間に第3のコネクションを設定する第3のコネクション設定手順とを備えることを特徴とするパケット通信方法。

[22] 請求項21記載のパケット通信方法において、

前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第2のコネクションを使って送信されるように、前記制御装置から前記送信元コネクションレス型パケット通信端末を制御する送信設定手順と、

前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第1のコネクションへ転送されるように、前記制御装置から前記第1の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードを制御する第1の転送設定手順と、

前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第3のコネクションへ転送されるように、前記制御装置から前記第2の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードを制御する第2の転送設定手順とを備えることを特徴とするパケット通信方法。

[23] 請求項1記載のパケット通信方法において、

コネクションの多重伝送機能を有する伝送リンクとコネクションの交換機能を有するコネクション交換ノードとを備えたコネクション型ネットワークに対して、端末機能部として前記フレーム転送装置となるコネクションレス型パケット転送ノードと、前記パケット転送装置となるコネクションレス型パケット通信端末とを付加することにより、前記コネクション型ネットワーク上に論理的に構築されたコネクションレス型パケット転送ネットワークにおいて、前記コネクションレス型パケット通信端末間で通信を行う際に、パケットを送信する送信元コネクションレス型パケット通信端末が所属する第1のエ

リアのコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第1の設定対象として選択する第1の転送ノード選択手順と、

パケットを受信する宛先コネクションレス型パケット通信端末が所属する第2のエリアのコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第2の設定対象として選択する第2の転送ノード選択手順と、

コネクションレス型パケット転送ノードと前記送信元コネクションレス型パケット通信端末との間に配置されたコネクション交換ノードの数が最小となるコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第3の設定対象として選択する第3の転送ノード選択手順と、

コネクションレス型パケット転送ノードと前記宛先コネクションレス型パケット通信端末との間に配置されたコネクション交換ノードの数が最小となるコネクションレス型パケット転送ノードをコネクションの第4の設定対象として選択する第4の転送ノード選択手順と、

前記ネットワーク制御サーバとなる制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記第1の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記第2の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間に第1のコネクションを設定する第1のコネクション設定手順と、

前記制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記送信元コネクションレス型パケット通信端末と前記第3の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間に第2のコネクションを設定する第2のコネクション設定手順と、

前記制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記第3の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記第1の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間に第3のコネクションを設定する第3のコネクション設定手順と、

前記制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記第4の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記宛先コネクションレス型パケット通信端末との間に第4のコネクションを設定する第4のコネクション設定手順と、

前記制御装置から前記コネクション交換ノードを制御して、前記第2の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記第4の設定対象のコネクションレス型パケ

ット転送ノードとの間に第5のコネクションを設定する第5のコネクション設定手順とを備えることを特徴とするパケット通信方法。

[24] 請求項23記載のパケット通信方法において、

前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第2のコネクションを使って送信されるように、前記制御装置から前記送信元コネクションレス型パケット通信端末を制御する送信設定手順と、

前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第3のコネクションへ転送されるように、前記制御装置から前記第3の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードを制御する第1の転送設定手順と、

前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第1のコネクションへ転送されるように、前記制御装置から前記第1の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードを制御する第2の転送設定手順と、

前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第5のコネクションへ転送されるように、前記制御装置から前記第2の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードを制御する第3の転送設定手順と、

前記送信元コネクションレス型パケット通信端末から前記宛先コネクションレス型パケット通信端末へのパケットが前記第4のコネクションへ転送されるように、前記制御装置から前記第4の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードを制御する第4の転送設定手順とを備えることを特徴とするパケット通信方法。

[25] 請求項23記載のパケット通信方法において、

前記第1のエリア内に存在する前記第3の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードと前記第1の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間をこの第1のエリア内に存在する複数のコネクションレス型パケット転送ノードとコネクションを経由して接続し、前記第2のエリア内に存在する前記第4の設定対象のコネクション

レス型パケット転送ノードと前記第2の設定対象のコネクションレス型パケット転送ノードとの間をこの第2のエリア内に存在する複数のコネクションレス型パケット転送ノードとコネクションを経由して接続することを特徴とするパケット通信方法。

[26] 請求項19記載のパケット通信方法において、

前記コネクションレス型パケット転送ノードにおいて送受信したパケットについて送信元アドレスと宛先アドレスの対で規定されるフロー毎にフローの帯域を統計情報として記録し、記録した統計情報を前記制御装置に通知する通知手順と、

前記制御装置において前記コネクションレス型パケット転送ノードから通知された統計情報に基づき、送信元アドレスと宛先アドレスと帯域の情報を前記フロー毎に登録したフローリストを作成するフローリスト作成手順とを備え、

前記コネクションを設定する際に、通過するフローの帯域の合計値が所定のしきい値を超過しているコネクションレス型パケット転送ノードを前記フローリストにより検出した場合は、このコネクションレス型パケット転送ノードを経由しないコネクションを設定することを特徴とするパケット通信方法。

[27] 請求項21記載のパケット通信方法において、

前記コネクションレス型パケット転送ノードにおいて送受信したパケットについて送信元アドレスと宛先アドレスの対で規定されるフロー毎にフローの帯域を統計情報として記録し、記録した統計情報を前記制御装置に通知する通知手順と、

前記制御装置において前記コネクションレス型パケット転送ノードから通知された統計情報に基づき、送信元アドレスと宛先アドレスと帯域の情報を前記フロー毎に登録したフローリストを作成するフローリスト作成手順とを備え、

前記コネクションを設定する際に、通過するフローの帯域の合計値が所定のしきい値を超過しているコネクションレス型パケット転送ノードを前記フローリストにより検出した場合は、このコネクションレス型パケット転送ノードを経由しないコネクションを設定することを特徴とするパケット通信方法。

[28] 請求項23記載のパケット通信方法において、

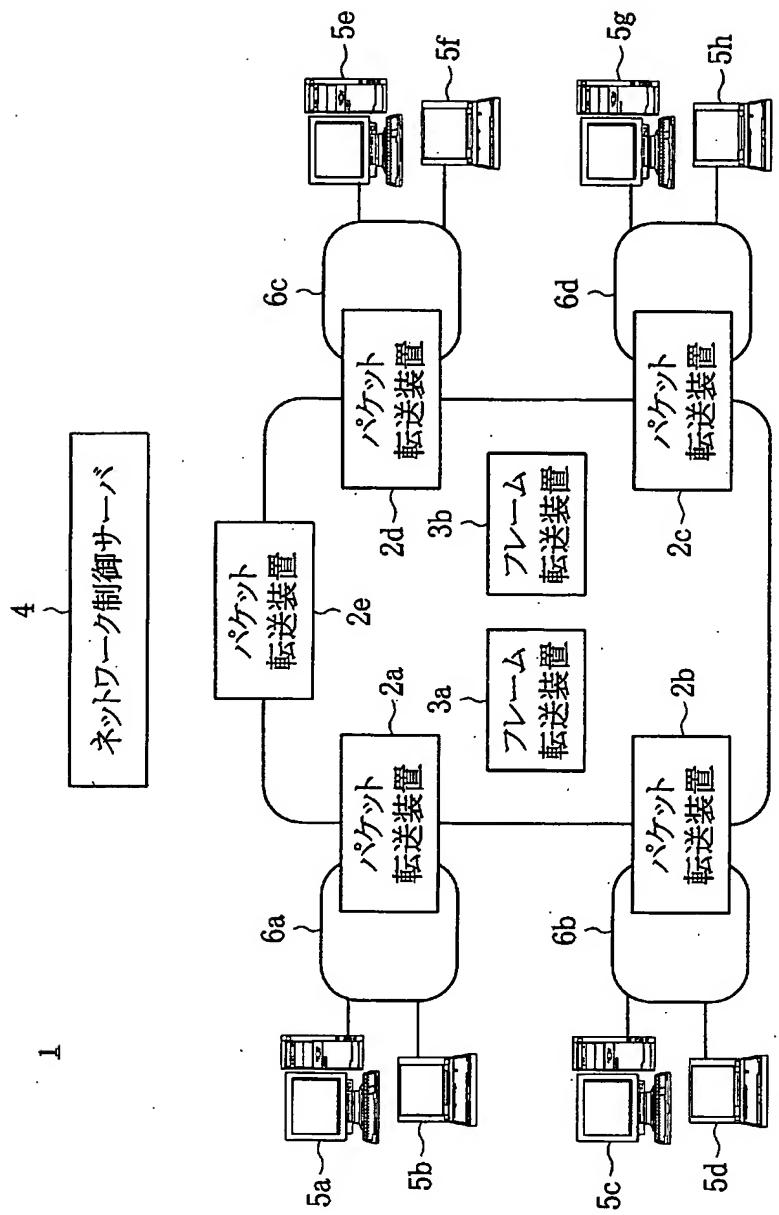
前記コネクションレス型パケット転送ノードにおいて送受信したパケットについて送信元アドレスと宛先アドレスの対で規定されるフロー毎にフローの帯域を統計情報と

して記録し、記録した統計情報を前記制御装置に通知する通知手順と、

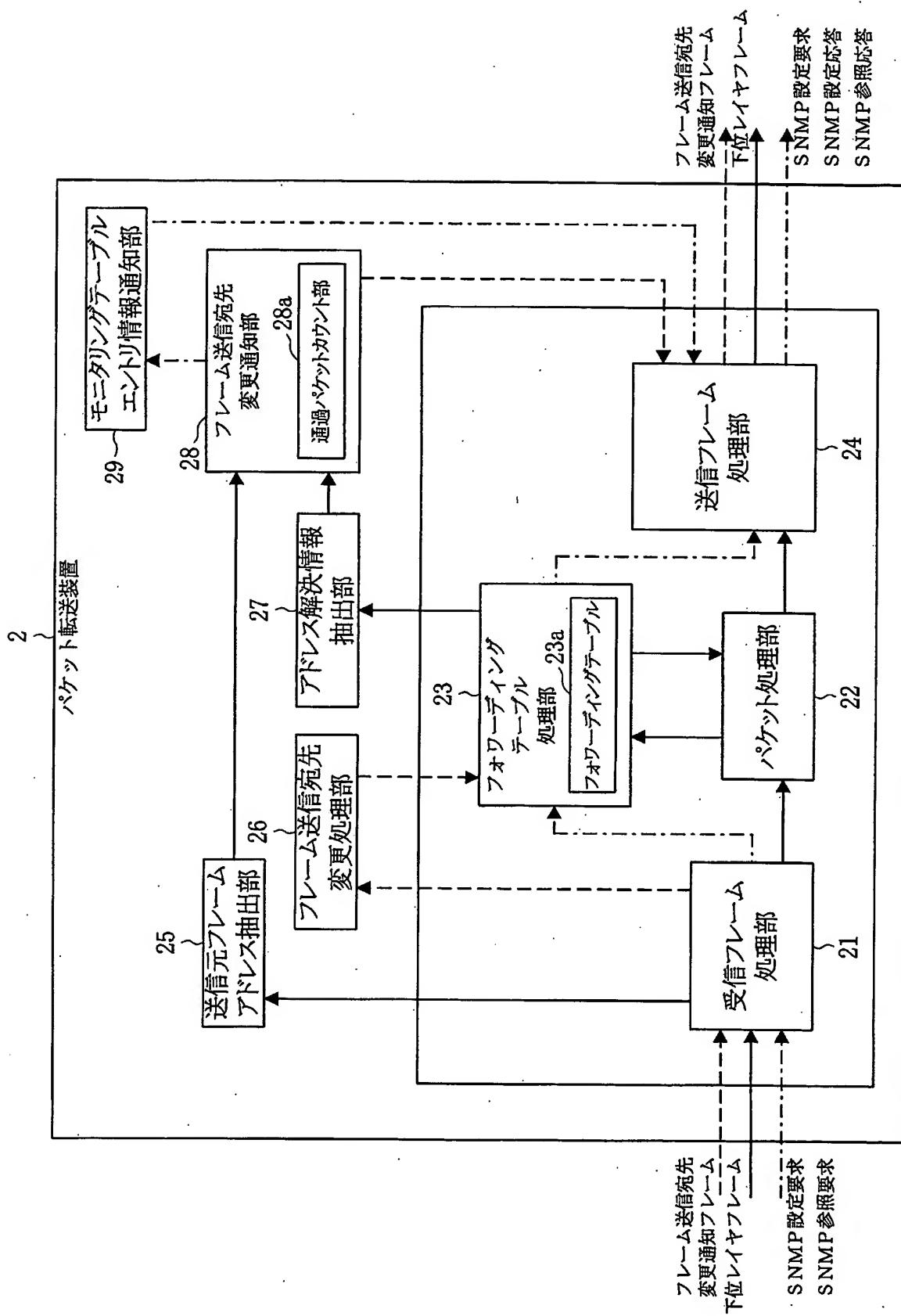
前記制御装置において前記コネクションレス型パケット転送ノードから通知された統計情報に基づき、送信元アドレスと宛先アドレスと帯域の情報を前記フロー毎に登録したフローリストを作成するフローリスト作成手順とを備え、

前記コネクションを設定する際に、通過するフローの帯域の合計値が所定のしきい値を超過しているコネクションレス型パケット転送ノードを前記フローリストにより検出した場合は、このコネクションレス型パケット転送ノードを経由しないコネクションを設定することを特徴とするパケット通信方法。

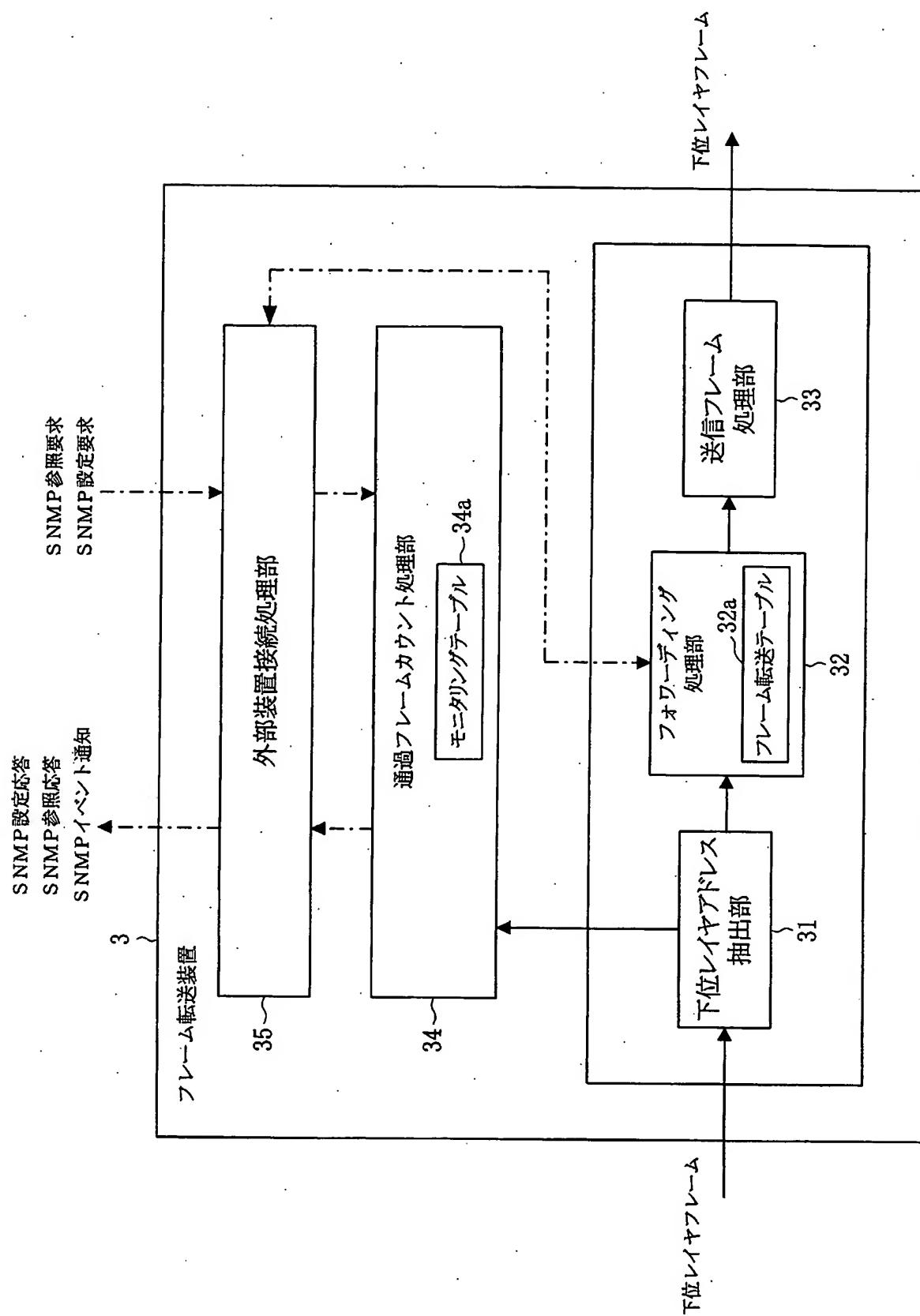
[図1]



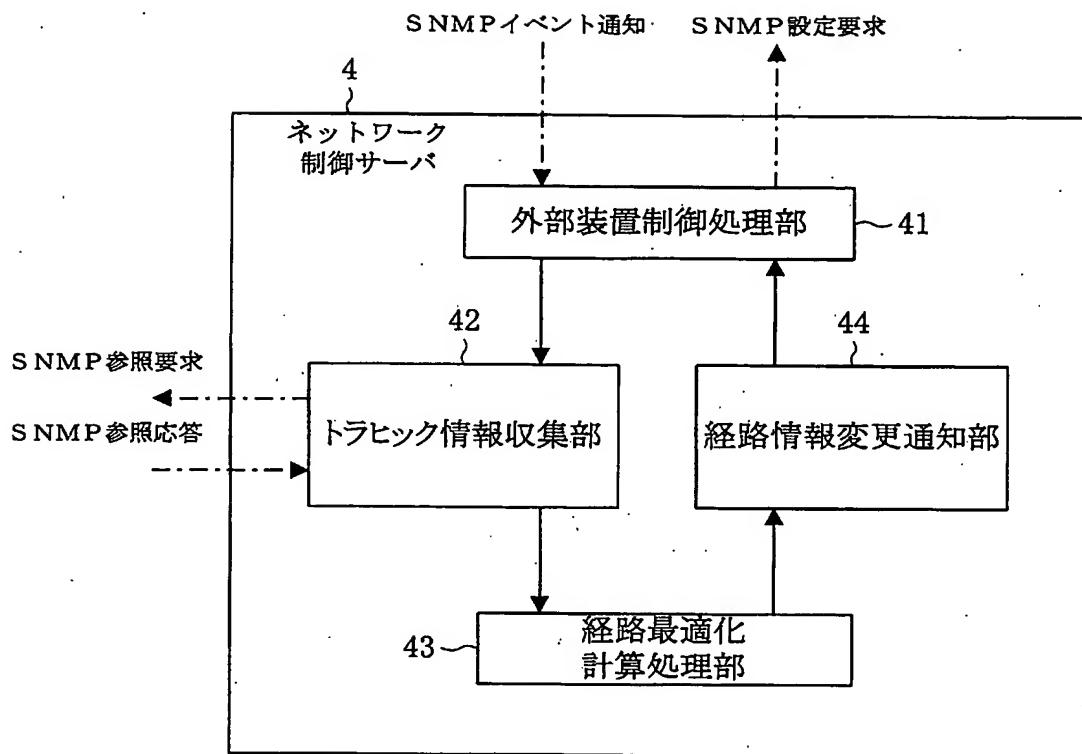
[图2]



[図3]



[図4]

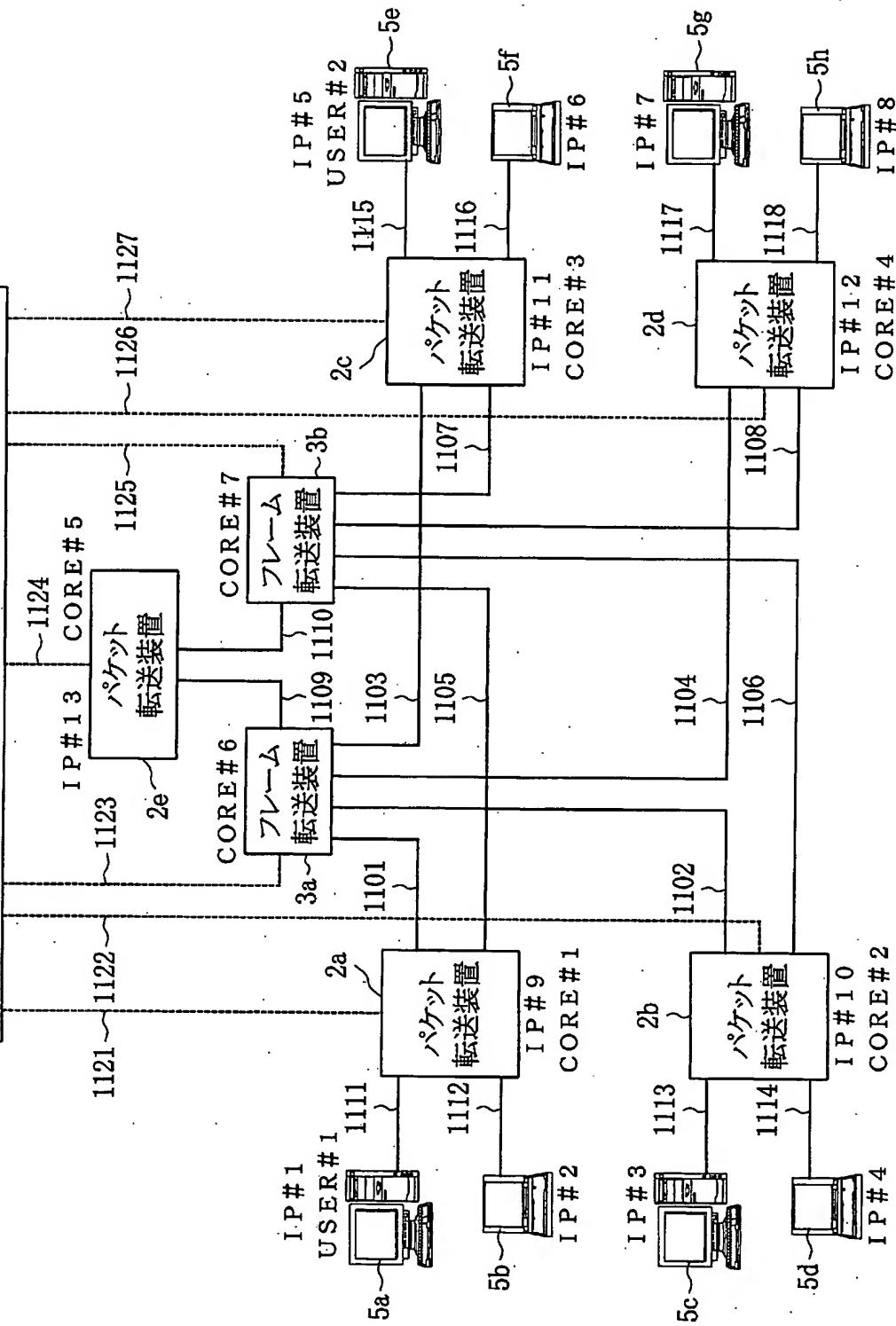


[図5]

4

ネットワーク制御サーバ

1



[図6]

上位レイヤ 宛先アドレス	下位レイヤ 宛先アドレス	出力リンク
IP # 5	CORE # 3	リンク 1 1 0 1
IP # 8	CORE # 4	リンク 1 1 0 5
⋮	⋮	⋮

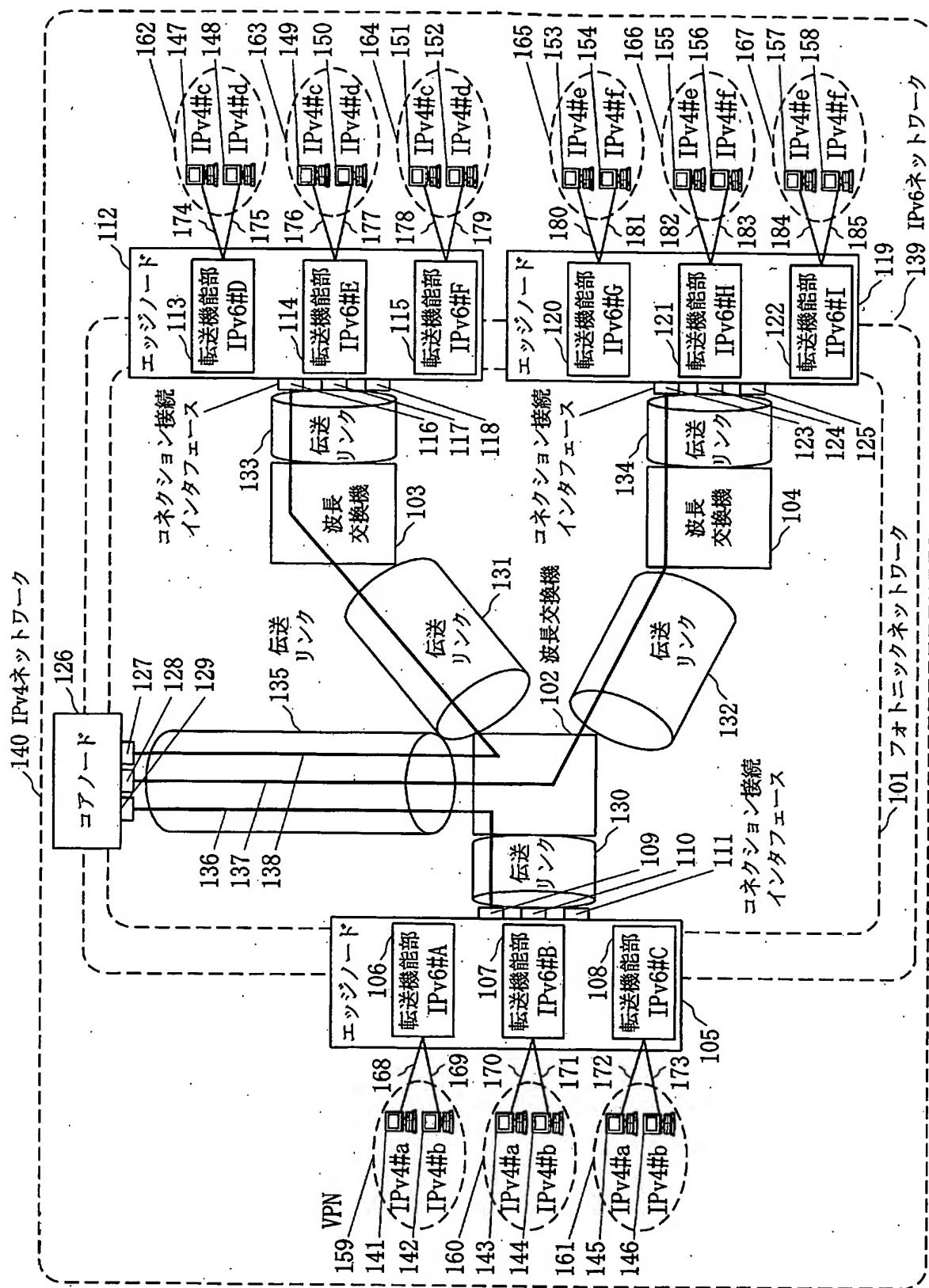
[図7]

下位レイヤ 送信元アドレス	下位レイヤ 宛先アドレス	カウンタ	タイマ
CORE # 1	CORE # 3	1 1 0 2	2 3
CORE # 2	CORE # 4	0	6 0
⋮	⋮	⋮	⋮

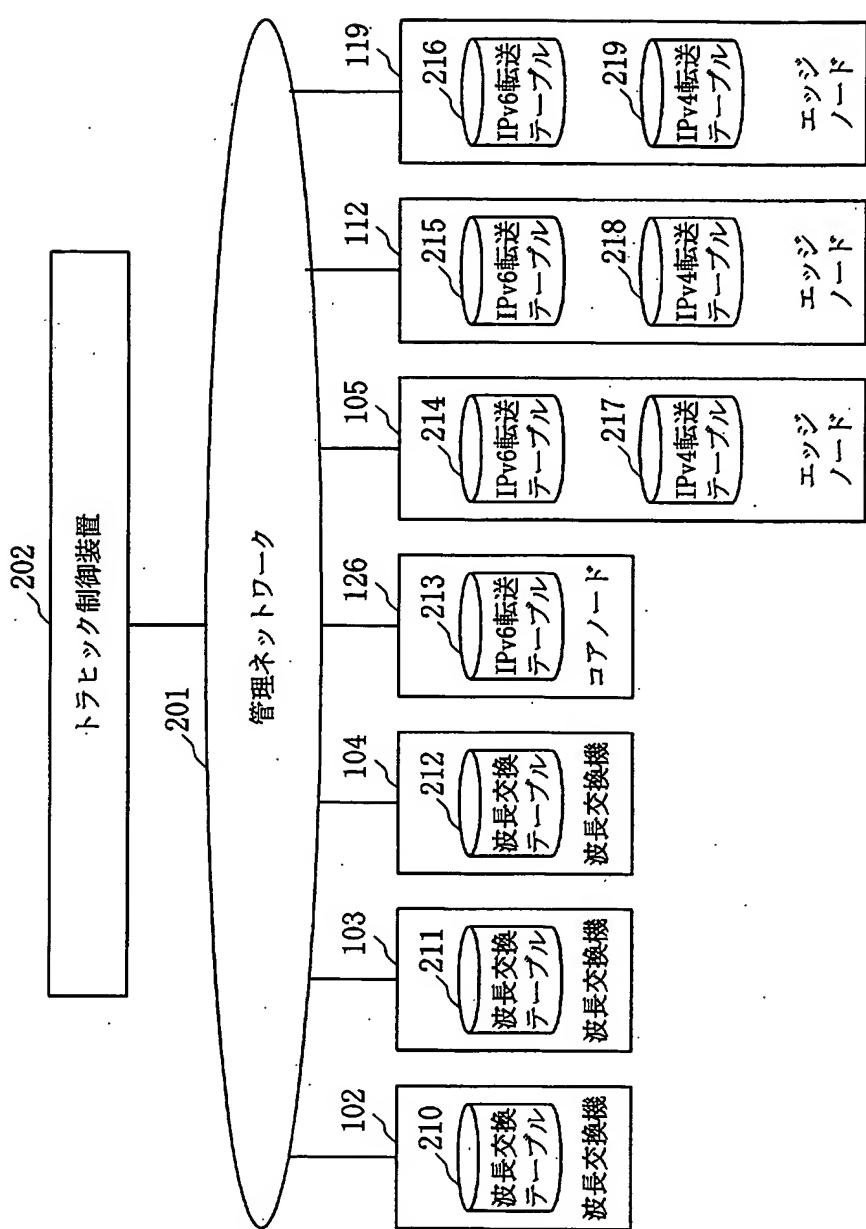
[図8]

下位レイヤ 送信元アドレス	下位レイヤ 宛先アドレス	カウンタ	タイマ
CORE # 1	CORE # 3	4 4 4, 1 1 1, 1 0 2	1 0 2
CORE # 2	CORE # 3	0	6 0 0
⋮	⋮	⋮	⋮

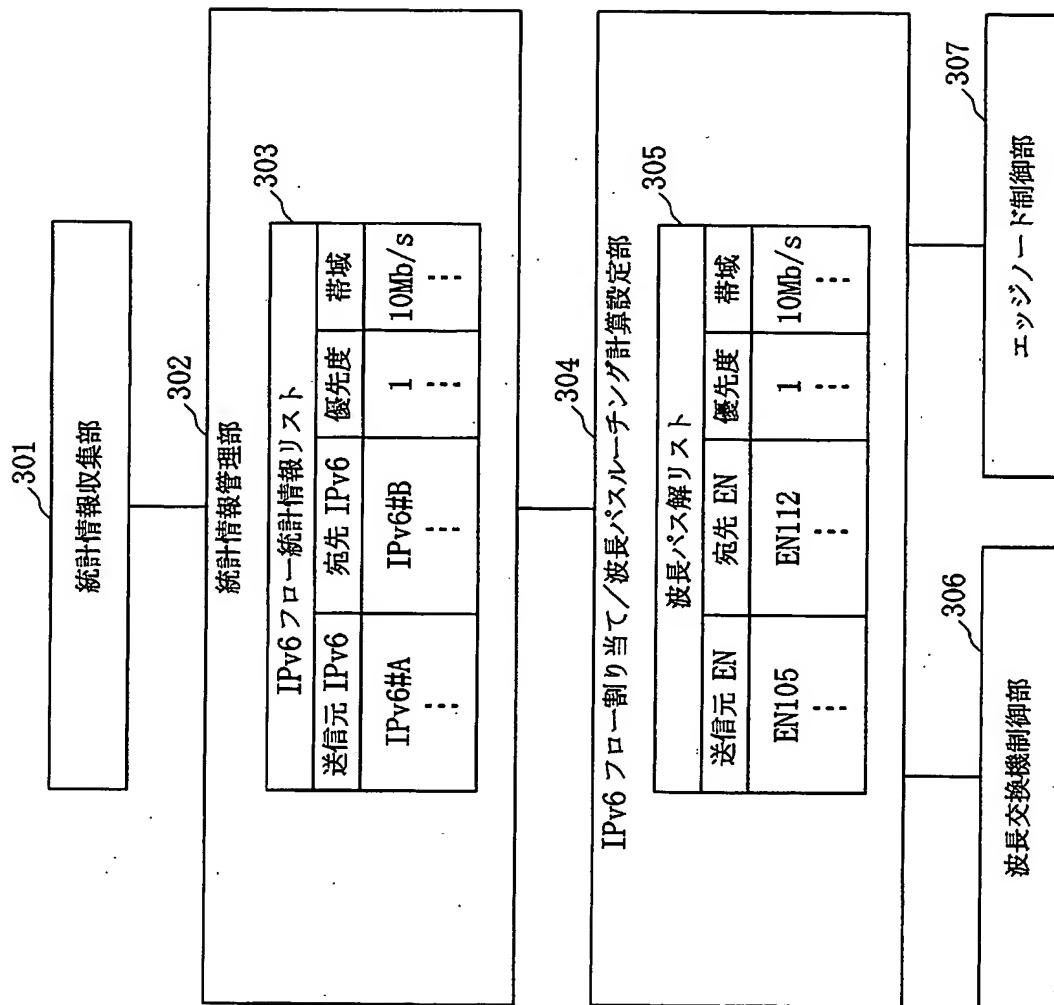
[图9]



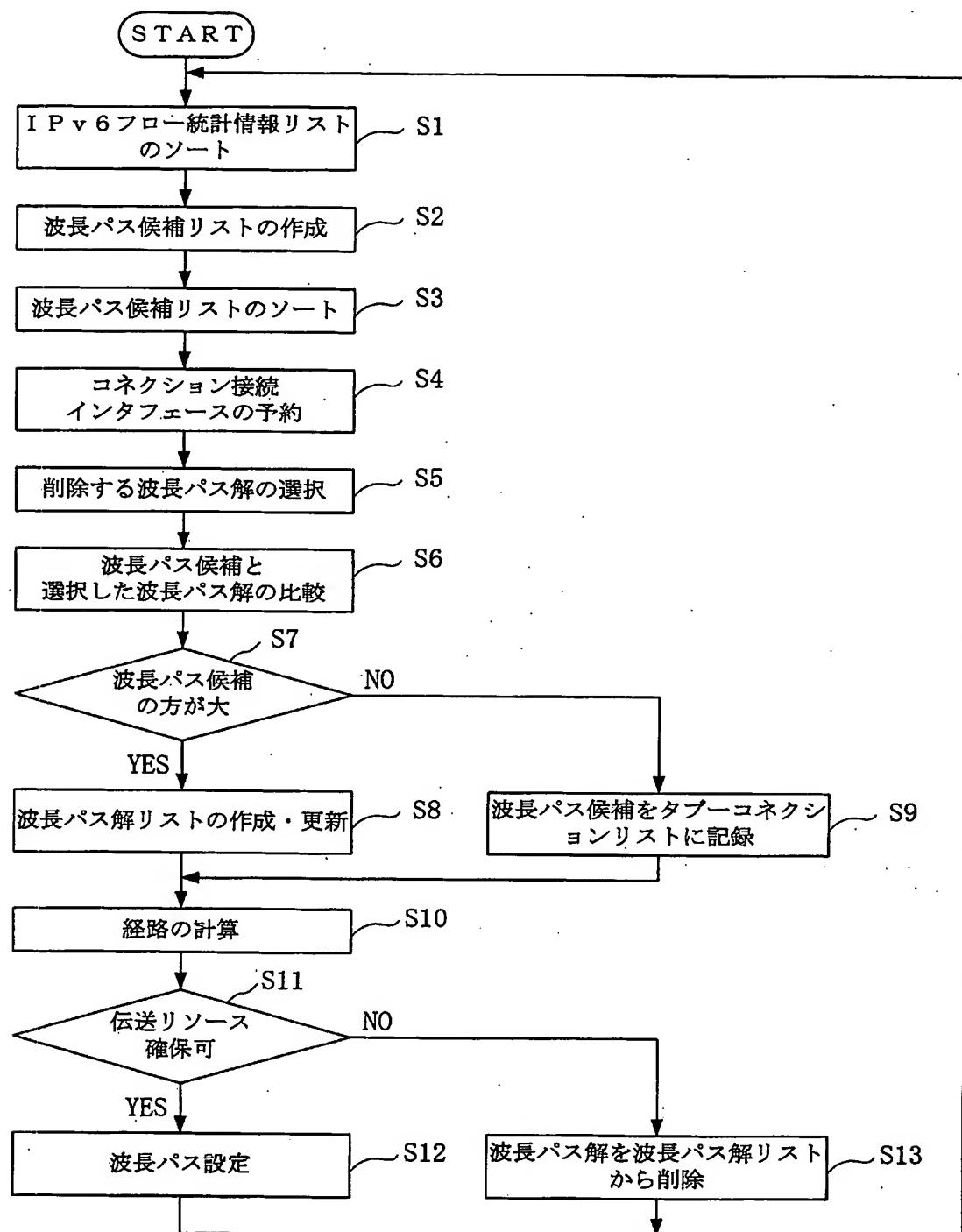
[図10]



[図11]



[図12]



[図13]

IPv6 フロー統計情報リスト			
送信元 IPv6	宛先 IPv6	優先度	帯域
IPv6#A	IPv6#B	3	0.5
IPv6#A	IPv6#C	3	0.5
IPv6#A	IPv6#D	1	6
IPv6#A	IPv6#E	1	2
IPv6#A	IPv6#F	3	0.5
IPv6#A	IPv6#G	3	0.5
IPv6#A	IPv6#H	3	0.5
IPv6#A	IPv6#I	3	0.5
IPv6#B	IPv6#A	3	0.5
IPv6#B	IPv6#C	3	0.5
IPv6#B	IPv6#D	1	4
IPv6#B	IPv6#E	1	1
IPv6#B	IPv6#F	3	0.5
IPv6#B	IPv6#G	3	0.5
IPv6#B	IPv6#H	3	0.5
IPv6#B	IPv6#I	3	0.5
IPv6#C	IPv6#A	3	0.5
IPv6#C	IPv6#B	3	0.5
IPv6#C	IPv6#D	1	3
IPv6#C	IPv6#E	3	0.5
IPv6#C	IPv6#F	3	0.5
IPv6#C	IPv6#G	3	0.5
IPv6#C	IPv6#H	3	0.5
IPv6#C	IPv6#I	3	0.5
IPv6#D	IPv6#A	3	0.5
IPv6#D	IPv6#B	3	0.5
IPv6#D	IPv6#C	3	0.5
IPv6#D	IPv6#E	3	0.5
IPv6#D	IPv6#F	3	0.5
IPv6#D	IPv6#G	1	2
IPv6#D	IPv6#H	2	2
IPv6#D	IPv6#I	3	0.5
IPv6#E	IPv6#A	3	0.5
IPv6#E	IPv6#B	3	0.5
IPv6#E	IPv6#C	3	0.5
IPv6#E	IPv6#D	3	0.5
IPv6#E	IPv6#F	3	0.5
IPv6#E	IPv6#G	1	1
IPv6#E	IPv6#H	2	1
IPv6#E	IPv6#I	3	0.5

303

IPv6#F	IPv6#A	3	0.5
IPv6#F	IPv6#B	3	0.5
IPv6#F	IPv6#C	3	0.5
IPv6#F	IPv6#D	3	0.5
IPv6#F	IPv6#E	3	0.5
IPv6#F	IPv6#G	1	1
IPv6#F	IPv6#H	2	1
IPv6#F	IPv6#I	3	0.5
IPv6#G	IPv6#A	3	0.5
IPv6#G	IPv6#B	3	0.5
IPv6#G	IPv6#C	2	4
IPv6#G	IPv6#D	3	0.5
IPv6#G	IPv6#E	3	0.5
IPv6#G	IPv6#F	3	0.5
IPv6#G	IPv6#H	3	0.5
IPv6#G	IPv6#I	3	0.5
IPv6#H	IPv6#A	3	0.5
IPv6#H	IPv6#B	3	0.5
IPv6#H	IPv6#C	2	2
IPv6#H	IPv6#D	3	0.5
IPv6#H	IPv6#E	3	0.5
IPv6#H	IPv6#F	3	0.5
IPv6#H	IPv6#G	3	0.5
IPv6#H	IPv6#I	3	0.5
IPv6#I	IPv6#A	3	0.5
IPv6#I	IPv6#B	3	0.5
IPv6#I	IPv6#C	2	1
IPv6#I	IPv6#D	3	0.5
IPv6#I	IPv6#E	3	0.5
IPv6#I	IPv6#F	3	0.5
IPv6#I	IPv6#G	3	0.5
IPv6#I	IPv6#H	3	0.5

[図14]

IPv6 フロー統計情報リスト			
送信元 IPv6	宛先 IPv6	優先度	帯域
IPv6#A	IPv6#D	1	6
IPv6#B	IPv6#D	1	4
IPv6#C	IPv6#D	1	3
IPv6#A	IPv6#E	1	2
IPv6#D	IPv6#G	1	2
IPv6#E	IPv6#G	1	2
IPv6#B	IPv6#E	1	1
IPv6#F	IPv6#G	1	1
IPv6#G	IPv6#C	2	4
IPv6#D	IPv6#H	2	2
IPv6#E	IPv6#H	2	2
IPv6#H	IPv6#C	2	2
IPv6#F	IPv6#H	2	1
IPv6#I	IPv6#C	2	1
IPv6#A	IPv6#B	3	0.5
IPv6#A	IPv6#C	3	0.5
IPv6#A	IPv6#F	3	0.5
IPv6#A	IPv6#G	3	0.5
IPv6#A	IPv6#H	3	0.5
IPv6#A	IPv6#I	3	0.5
IPv6#B	IPv6#A	3	0.5
IPv6#B	IPv6#C	3	0.5
IPv6#B	IPv6#F	3	0.5
IPv6#B	IPv6#G	3	0.5
IPv6#B	IPv6#H	3	0.5
IPv6#B	IPv6#I	3	0.5
IPv6#C	IPv6#A	3	0.5
IPv6#C	IPv6#B	3	0.5
IPv6#C	IPv6#E	3	0.5
IPv6#C	IPv6#F	3	0.5
IPv6#C	IPv6#G	3	0.5
IPv6#C	IPv6#H	3	0.5
IPv6#C	IPv6#I	3	0.5
IPv6#D	IPv6#A	3	0.5
IPv6#D	IPv6#B	3	0.5
IPv6#D	IPv6#C	3	0.5
IPv6#D	IPv6#E	3	0.5
IPv6#D	IPv6#F	3	0.5
IPv6#D	IPv6#I	3	0.5

303.

IPv6#E	IPv6#A	3	0.5
IPv6#E	IPv6#B	3	0.5
IPv6#E	IPv6#C	3	0.5
IPv6#E	IPv6#D	3	0.5
IPv6#E	IPv6#F	3	0.5
IPv6#E	IPv6#I	3	0.5
IPv6#F	IPv6#A	3	0.5
IPv6#F	IPv6#B	3	0.5
IPv6#F	IPv6#C	3	0.5
IPv6#F	IPv6#D	3	0.5
IPv6#F	IPv6#E	3	0.5
IPv6#F	IPv6#I	3	0.5
IPv6#G	IPv6#A	3	0.5
IPv6#G	IPv6#B	3	0.5
IPv6#G	IPv6#D	3	0.5
IPv6#G	IPv6#E	3	0.5
IPv6#G	IPv6#F	3	0.5
IPv6#G	IPv6#H	3	0.5
IPv6#G	IPv6#I	3	0.5
IPv6#H	IPv6#A	3	0.5
IPv6#H	IPv6#B	3	0.5
IPv6#H	IPv6#D	3	0.5
IPv6#H	IPv6#E	3	0.5
IPv6#H	IPv6#F	3	0.5
IPv6#H	IPv6#G	3	0.5
IPv6#H	IPv6#I	3	0.5
IPv6#I	IPv6#A	3	0.5
IPv6#I	IPv6#B	3	0.5
IPv6#I	IPv6#D	3	0.5
IPv6#I	IPv6#E	3	0.5
IPv6#I	IPv6#F	3	0.5
IPv6#I	IPv6#G	3	0.5
IPv6#I	IPv6#H	3	0.5

[図15]

IPv6 フロー統計情報リスト

送信元 IPv6	宛先 IPv6	優先度	帯域
IPv6#A	IPv6#D	1	6
IPv6#B	IPv6#D	1	4
IPv6#C	IPv6#D	1	3
IPv6#A	IPv6#E	1	2
IPv6#D	IPv6#G	1	2
IPv6#E	IPv6#G	1	2
IPv6#B	IPv6#E	1	1
IPv6#F	IPv6#G	1	1
IPv6#G	IPv6#C	2	4
IPv6#D	IPv6#H	2	2
IPv6#E	IPv6#H	2	2
IPv6#H	IPv6#C	2	2
IPv6#F	IPv6#H	2	1
IPv6#I	IPv6#C	2	1
IPv6#A	IPv6#B	3	0.5
IPv6#A	IPv6#C	3	0.5
IPv6#A	IPv6#F	3	0.5
IPv6#A	IPv6#G	3	0.5
IPv6#A	IPv6#H	3	0.5
IPv6#A	IPv6#I	3	0.5
IPv6#B	IPv6#A	3	0.5
IPv6#B	IPv6#C	3	0.5
IPv6#B	IPv6#F	3	0.5
IPv6#B	IPv6#G	3	0.5
IPv6#B	IPv6#H	3	0.5
IPv6#B	IPv6#I	3	0.5
IPv6#C	IPv6#A	3	0.5
IPv6#C	IPv6#B	3	0.5
IPv6#C	IPv6#E	3	0.5
IPv6#C	IPv6#F	3	0.5
IPv6#C	IPv6#G	3	0.5
IPv6#C	IPv6#H	3	0.5
IPv6#C	IPv6#I	3	0.5
IPv6#D	IPv6#A	3	0.5
IPv6#D	IPv6#B	3	0.5
IPv6#D	IPv6#C	3	0.5
IPv6#D	IPv6#E	3	0.5
IPv6#D	IPv6#F	3	0.5
IPv6#D	IPv6#I	3	0.5
IPv6#E	IPv6#A	3	0.5
IPv6#E	IPv6#B	3	0.5
IPv6#E	IPv6#I	3	0.5
IPv6#E	IPv6#C	3	0.5
IPv6#E	IPv6#H	3	0.5
IPv6#E	IPv6#G	3	0.5
IPv6#I	IPv6#A	3	0.5
IPv6#I	IPv6#B	3	0.5
IPv6#I	IPv6#D	3	0.5
IPv6#I	IPv6#E	3	0.5
IPv6#I	IPv6#F	3	0.5
IPv6#I	IPv6#G	3	0.5
IPv6#I	IPv6#H	3	0.5
IPv6#I	IPv6#I	3	0.5
IPv6#I	IPv6#A	3	0.5
IPv6#I	IPv6#B	3	0.5
IPv6#I	IPv6#D	3	0.5
IPv6#I	IPv6#E	3	0.5
IPv6#I	IPv6#F	3	0.5
IPv6#I	IPv6#G	3	0.5
IPv6#I	IPv6#H	3	0.5

波長パス候補リスト

送信元 EN	宛先 EN	優先度	帯域
EN105	EN112	1	10
EN105	EN112	1	5
EN112	EN119	1	8
EN119	EN105	2	7
EN112	EN119	2	8
EN105	EN119	3	4.5
EN112	EN105	3	4.5
EN119	EN112	3	4.5
EN105	EN112	3	1.5
EN112	EN119	3	1.5

303

308

[图16]

308

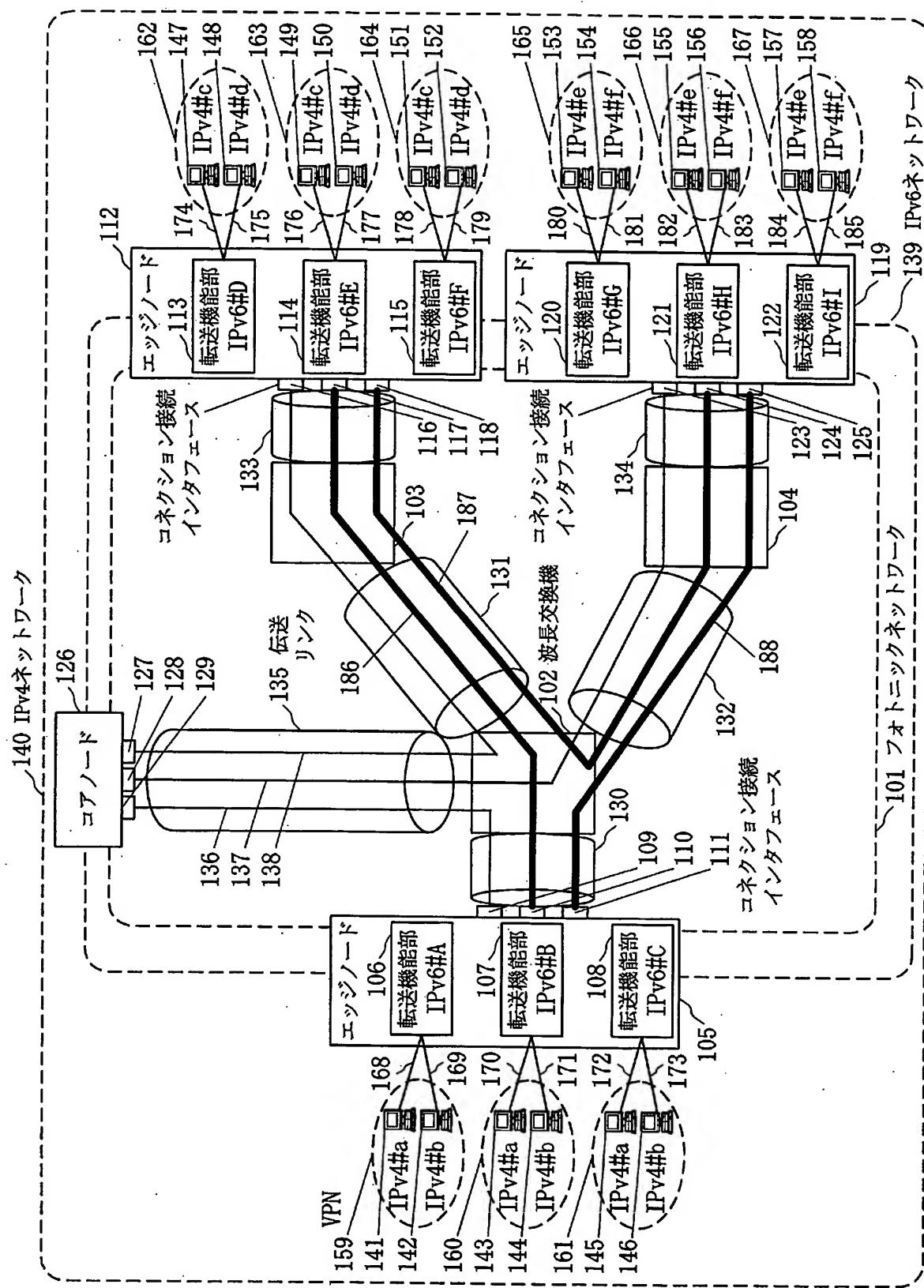
波長バス候補リスト			
送信元 EN	宛先 EN	優先度	帯域
EN105	EN112	1	10
EN112	EN119	1	8
EN105	EN112	1	5
EN112	EN119	2	8
EN119	EN105	2	7
EN105	EN119	3	4.5
EN112	EN105	3	4.5
EN119	EN112	3	4.5
EN119	EN105	3	3
EN105	EN112	3	1.5
EN112	EN119	3	1.5

〔図17〕

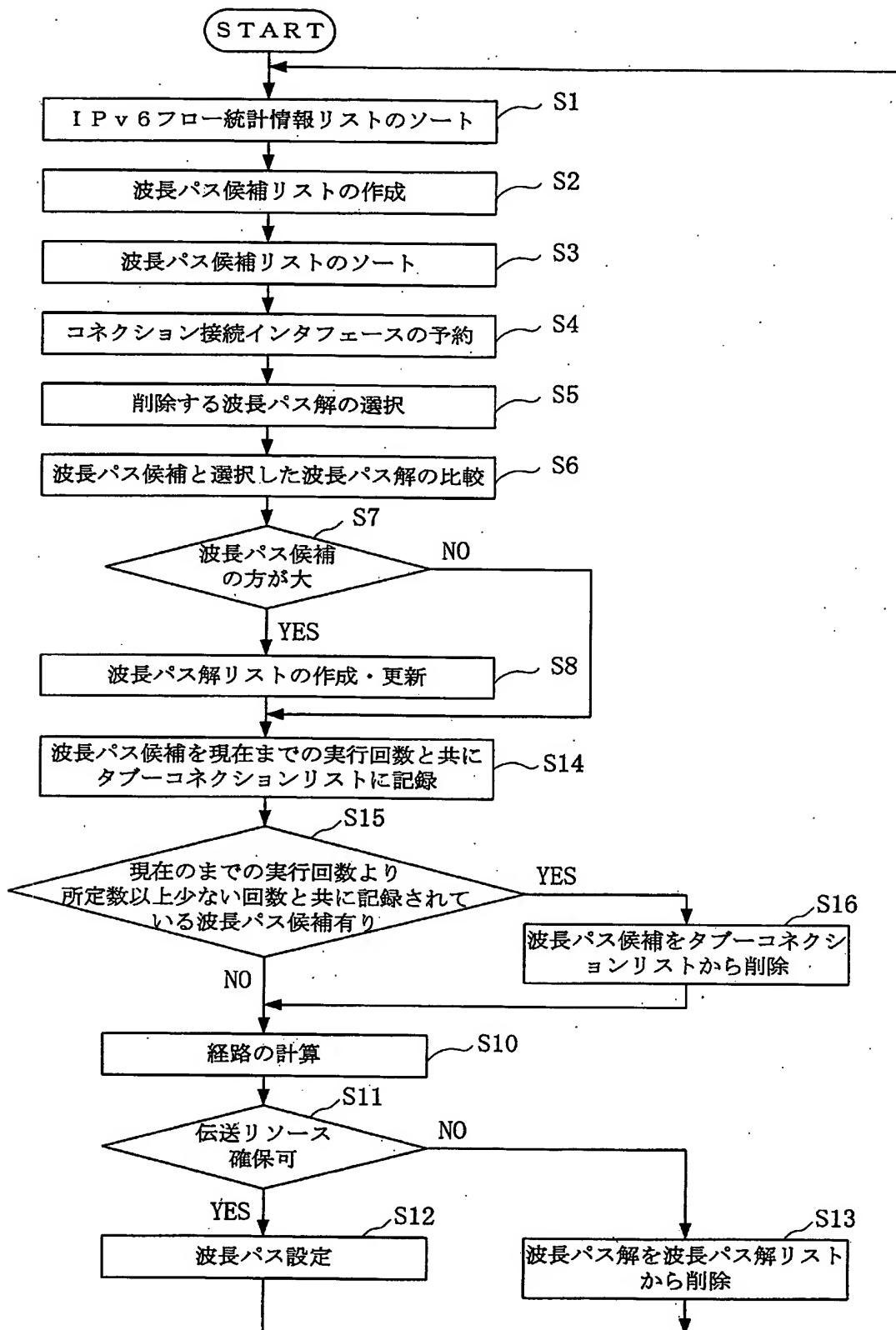
308

波長パス候補リスト			
送信元 EN	宛先 EN	優先度	帯域
EN105	EN112	1	10
EN112	EN119	1	8
EN105	EN112	1	5
EN112	EN119	2	8
EN119	EN105	2	7
EN105	EN119	3	4.5
EN112	EN105	3	4.5
EN119	EN112	3	4.5
EN119	EN105	3	3
EN105	EN112	3	1.5
EN112	EN119	3	1.5

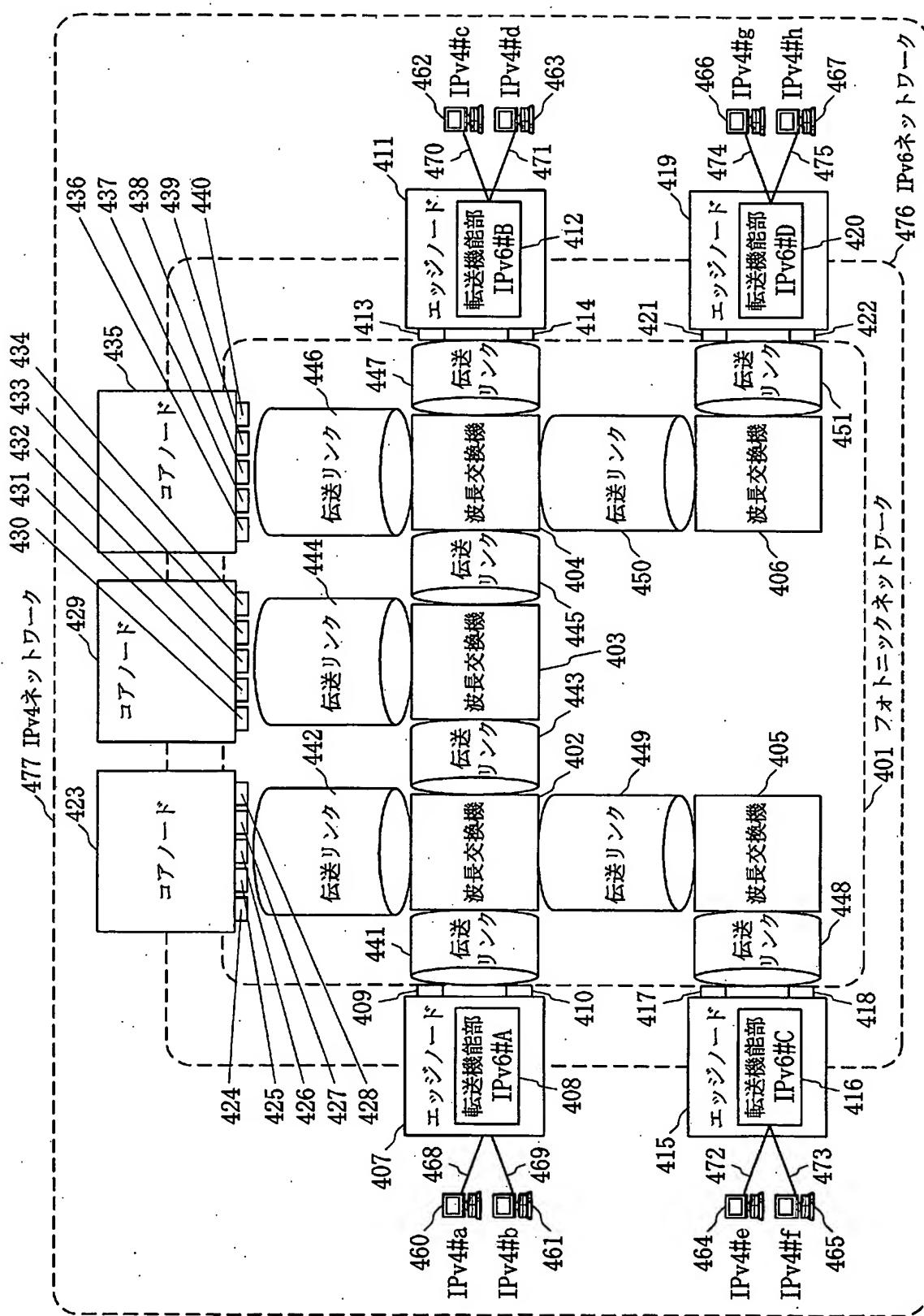
[図18]



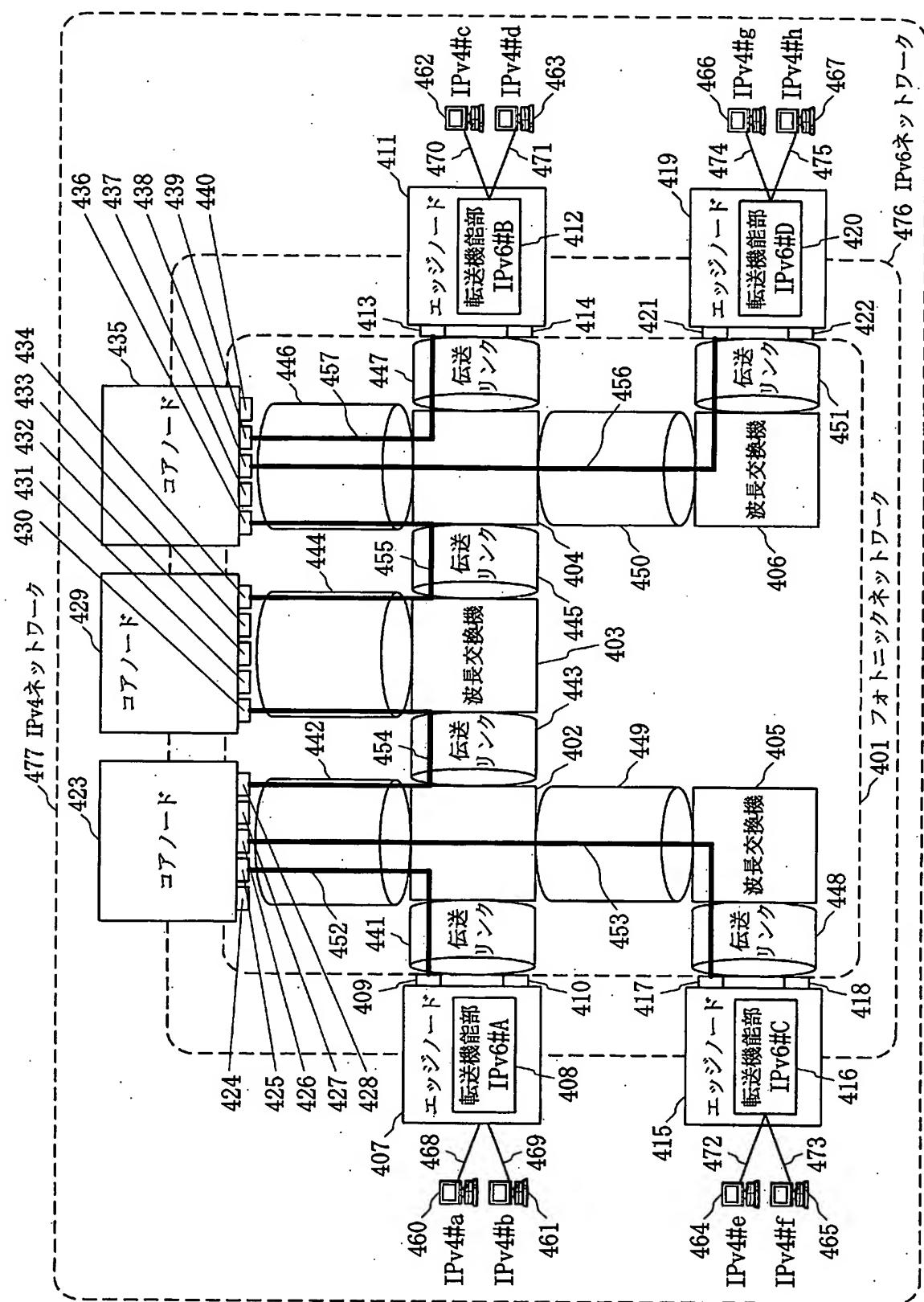
[図19]



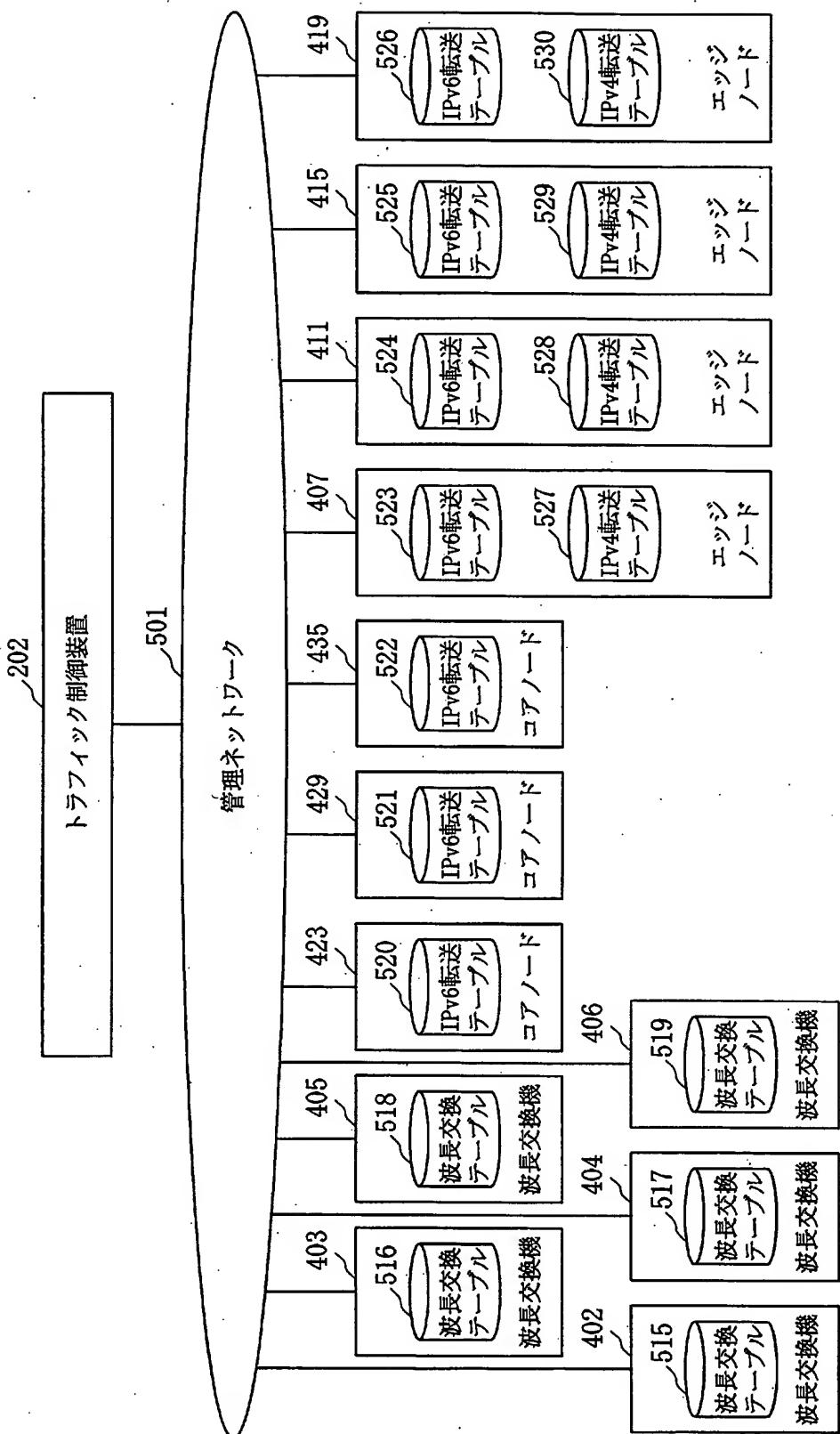
[図20]



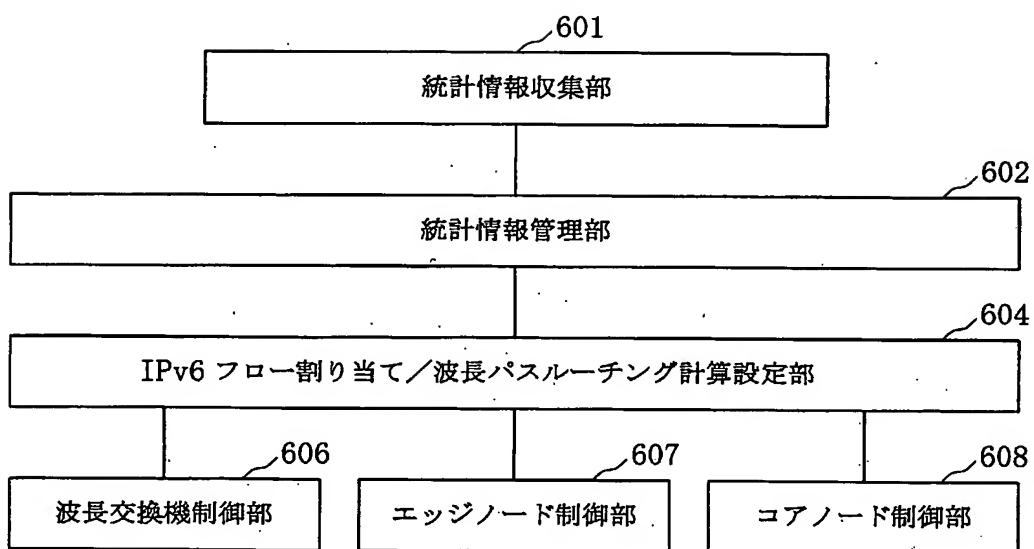
[図21]



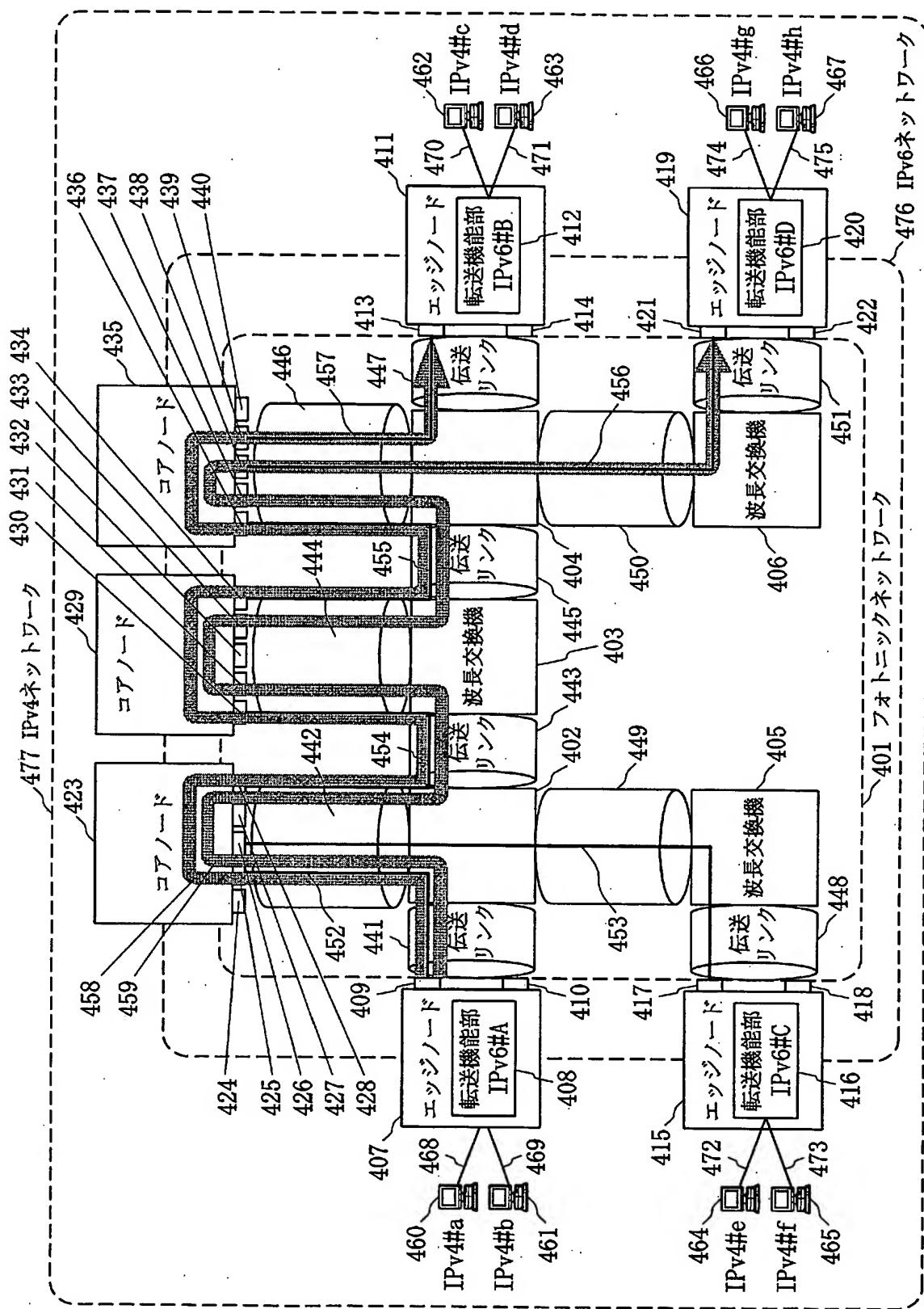
[図22]



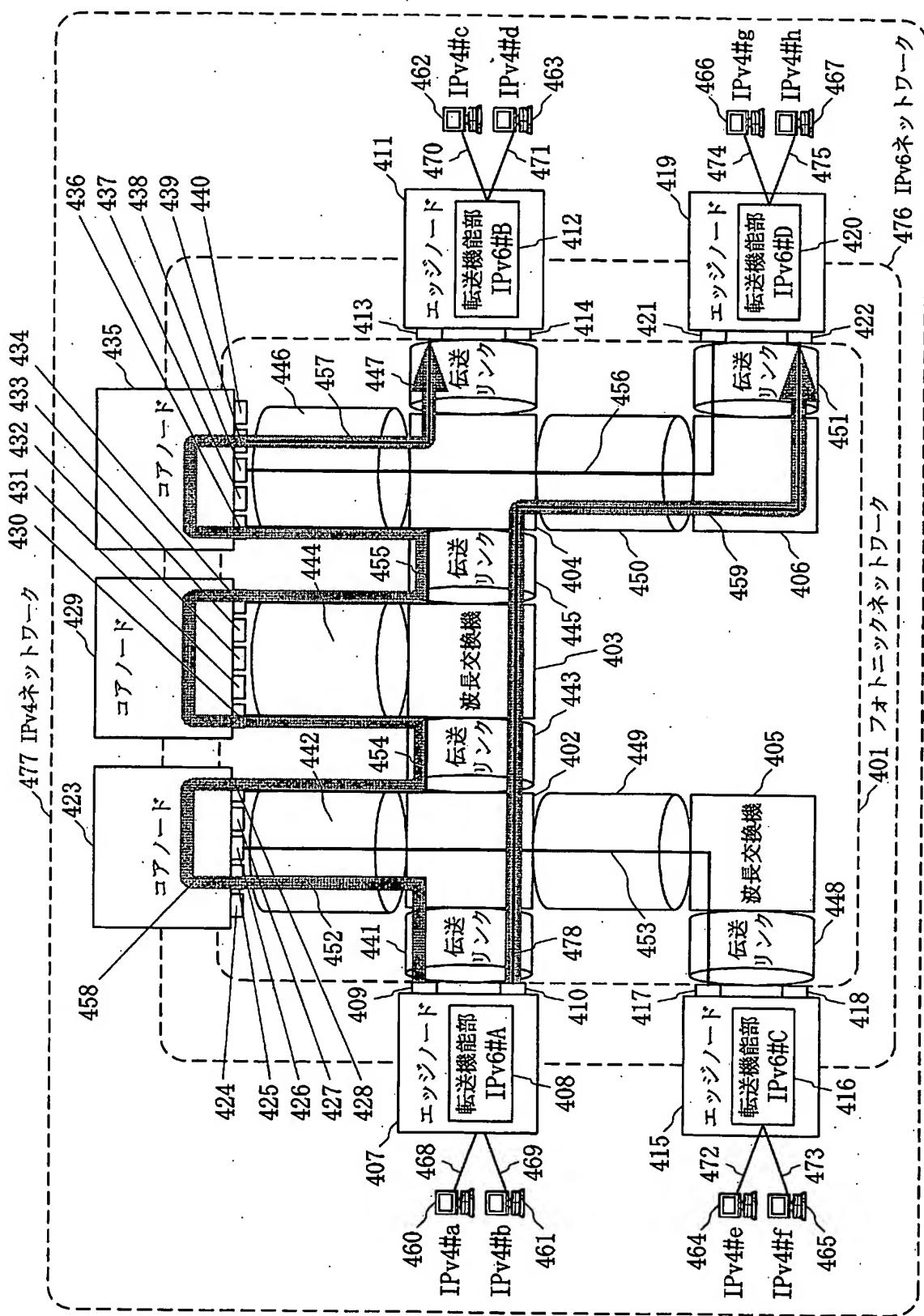
[図23]



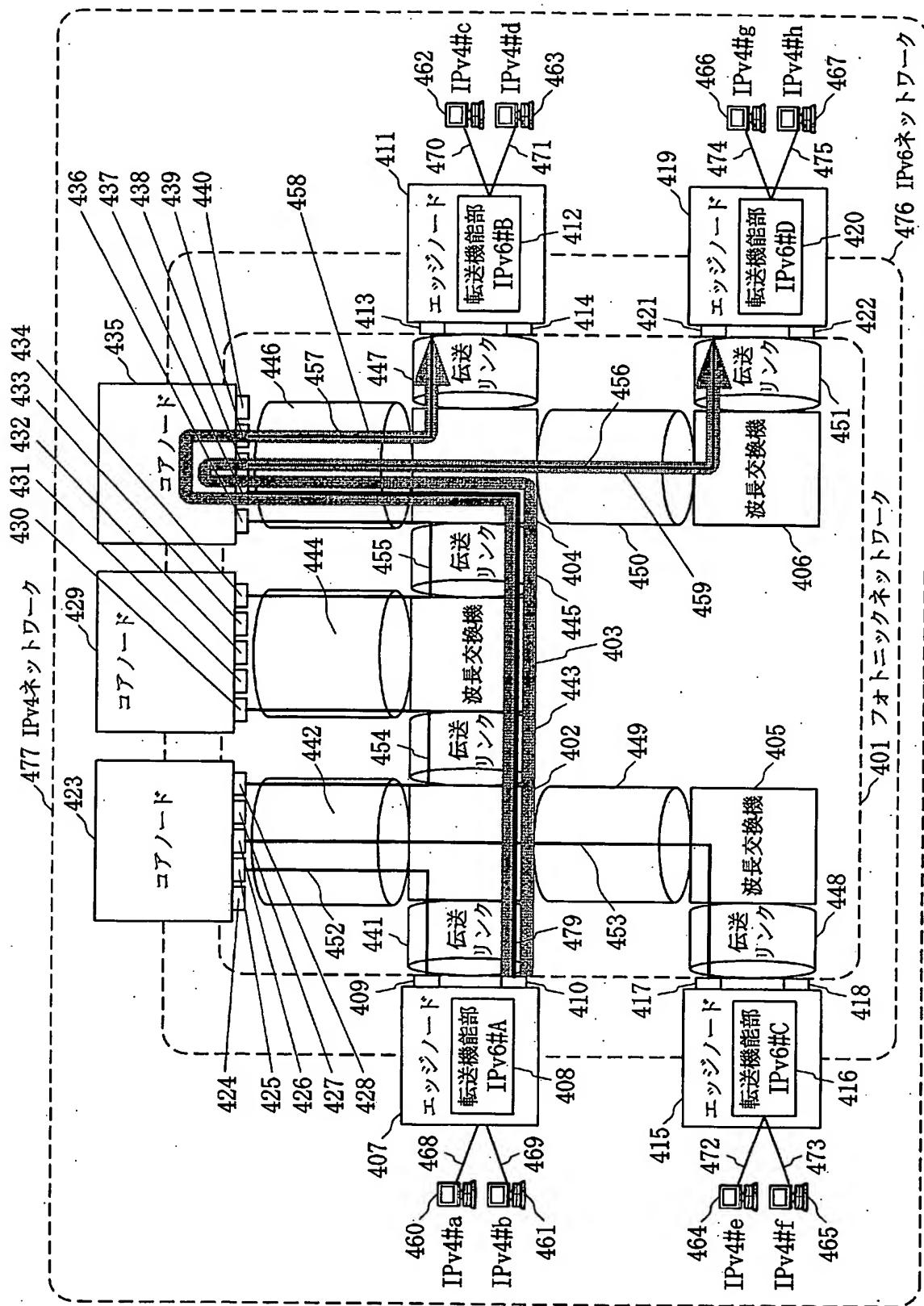
[図24]



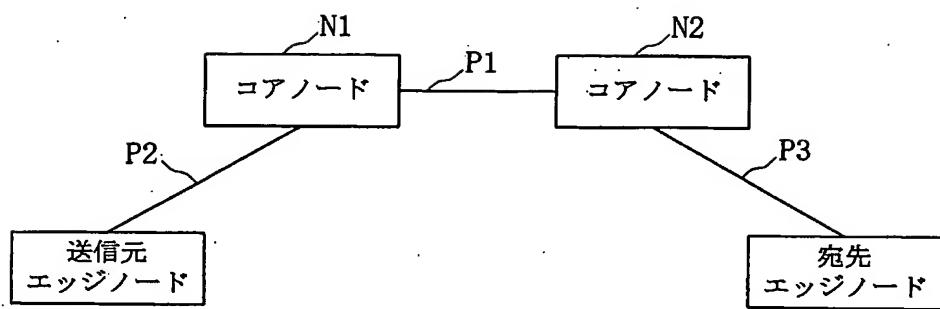
[図25]



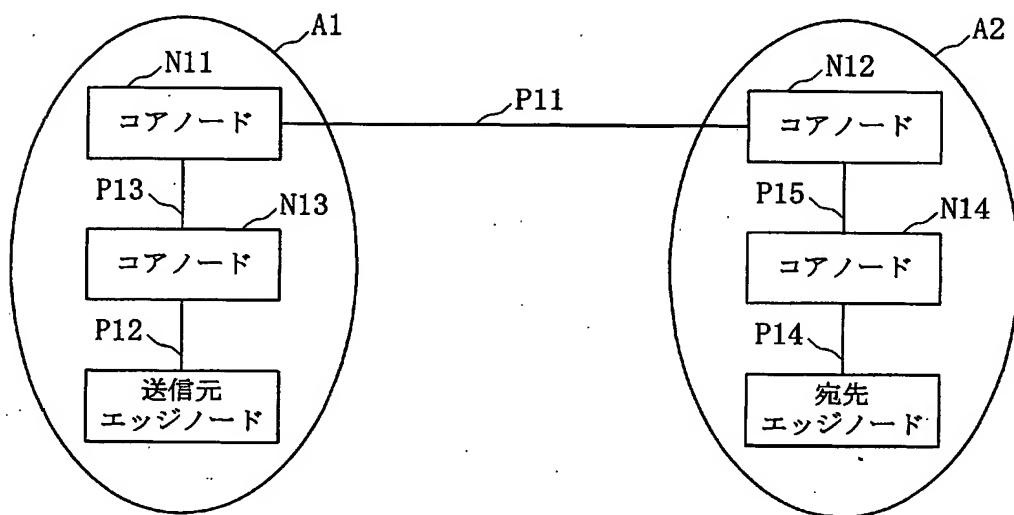
[図26]



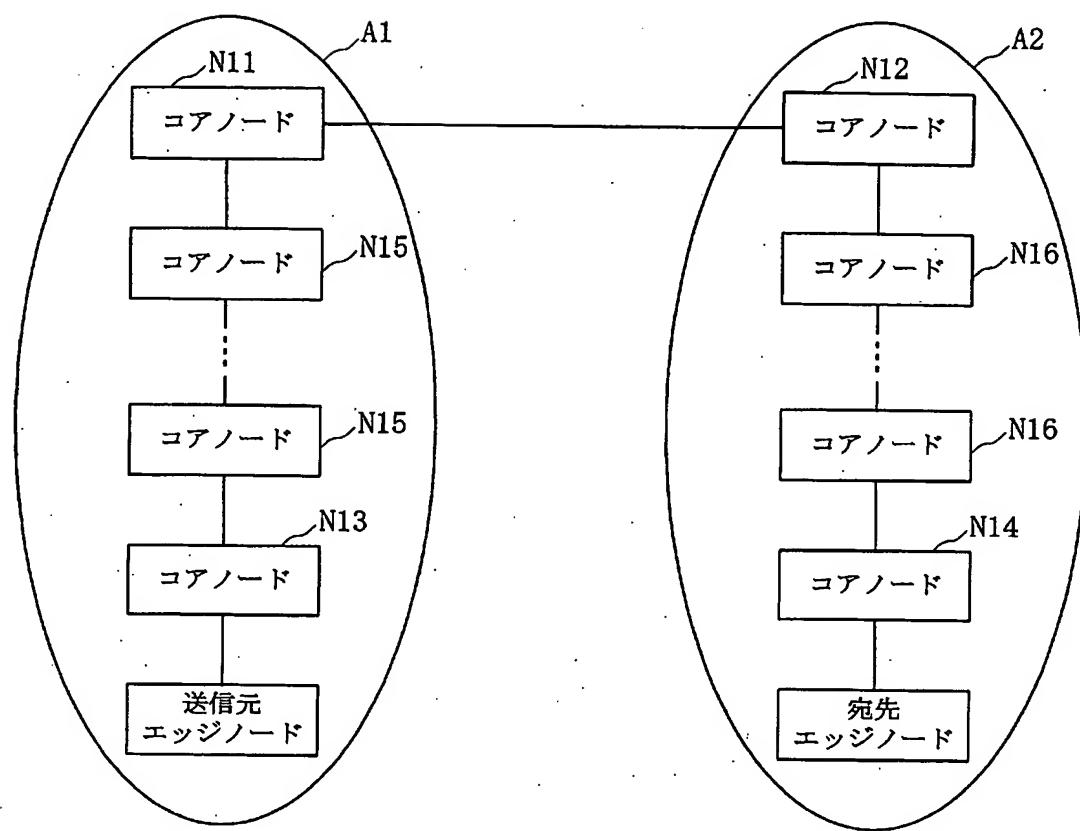
[図27]



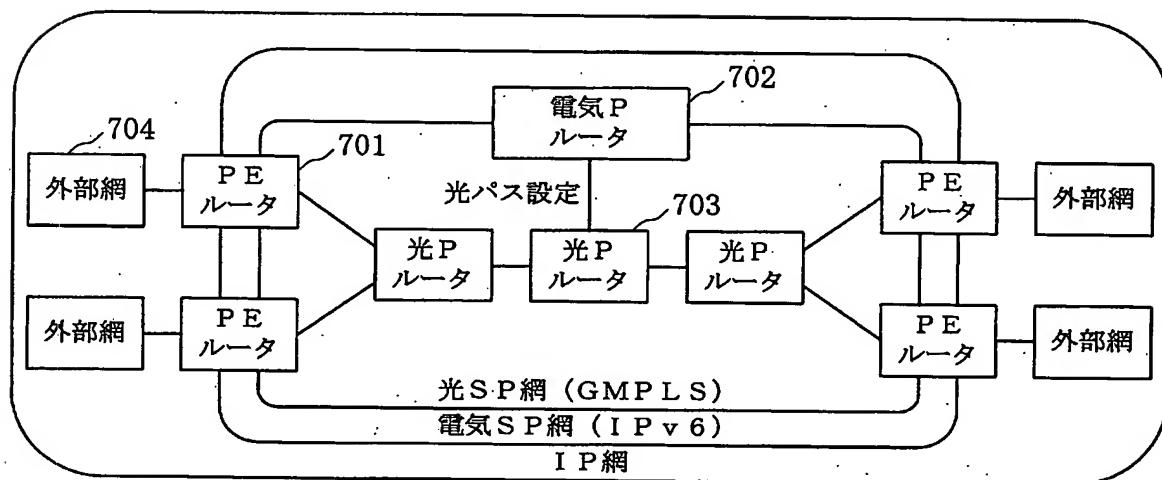
[図28]



[図29]



[図30]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2004/012375

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
Int.Cl<sup>7</sup> H04L12/56

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> H04L12/56

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 08-037535 A (International Business Machines Corp.), 06 February, 1996 (06.02.96), Fig. 2 & EP 0662760 A	1-28
A	JP 10-070571 A (International Business Machines Corp.), 10 March, 1998 (10.03.98), Fig. 3 & EP 0814583 A	1-28
A	JP 2002-111668 A (NEC Corp.), 12 April, 2002 (12.04.02), Fig. 2 (Family: none)	1-28

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
01 December, 2004 (01.12.04)

Date of mailing of the international search report  
14 December, 2004 (14.12.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Faxsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl. 7 H04L 12/56

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl. 7 H04L 12/56

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
日本国登録実用新案公報 1994-2004年  
日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 08-037535 A (インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション)、1996. 02. 06、図2 & EP 0662760 A	1~28
A	JP 10-070571 A (インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション)、1998. 03. 10、図3 & EP 0814583 A	1~28
A	JP 2002-111668 A (日本電気株式会社)、2002. 04. 12、図2 (ファミリー無し)	1~28

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01. 12. 2004

国際調査報告の発送日

14.12.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

石井 研一

5K 8124

電話番号 03-3581-1101 内線 3555